

## 明 細 書

## ノズルプレート及びその製造方法

## 技術分野

5 本発明は、微小ドットによる微細パターンを形成する、微小ドット形成装置に用いるノズルプレートの構造とその製造方法に関するものである。

## 背景技術

10 従来においては、インクジェットプリンターは専ら紙を媒体とし、文字通りプリンターとして利用されてきた。ところが、近年インクジェットプリンター技術の汎用性および低コスト性に着目し、従来フォトリソグラフィ技術で加工されていた、液晶表示装置用のカラーフィルタ等の微細パターンの形成や、プリント配線板の導体パターンの形成などへのインクジェットプリンターの応用が注目されている。そこで、近年、微小なインクドットを描画対象（例えば、液晶表示用のカラーフィルタや  
15 プリント配線板等）に直接描画することにより微細パターンを高い精度で形成することができる微小ドット形成装置の開発が活発となっている。

このような微小ドット形成装置においては、吐出安定性や高度の着弾精度など高い吐出特性をもつノズルプレートが必要となる。

20 以下に従来のノズルプレートの構成と製造方法を説明する。日本国公開公報「特開平 9-216368 号公報」（公開日：1997 年 8 月 19 日）にはドライエッチングと湿式エッチングによってノズルプレートを

形成する技術が開示されている。図 19 (a)・図 19 (b) は上記特許文献 1 に記載のノズルプレート（以下、従来の構成と称する）の説明図である。

従来のノズルプレートは、SOI (Silicon on Insulator) 基板 21 からなる。SOI 基板 21 は、図 19 (a)・図 19 (b) に示すように、支持体である Si 層 25 上の全域にわたってエッチングストップ層である SiO<sub>2</sub> 層 26 を有し、さらにこの SiO<sub>2</sub> 層 26 上に活性層である Si 層 24 を有する。そして、Si 層 24 にはオリフィス 22 が形成され、Si 層 25 にはテーパ部 23 が形成されており、このオリフィス 22 およびテーパ部 23 が連通されている。

従来のノズルプレート製造方法（以下、従来の方法と称する）は以下の通りである。まず、活性層である Si 層 24 の表面を酸化し、酸化膜（図示せず）を形成する。そして、この酸化膜 28 に所定のパターンを形成し、このパターンをマスクとしてドライエッチングを行い、エッチングストップ層である SiO<sub>2</sub> 層 26 でエッチングをとめ、オリフィス 22 を形成する。次に、支持層である Si 層 25 の表面を酸化し、酸化膜（図示せず）を形成する。この酸化膜に所定のパターンを形成し、このパターンをマスクとして、アンダーカットを生じる条件でドライエッチングを行い、SiO<sub>2</sub> 層 26 でエッチングをとめ、テーパ部 23 を形成する。最後に、オリフィス 22 とテーパ部 23 との間の SiO<sub>2</sub> 層 26 や表面の酸化膜をフッ酸系のエッチング液で除去する。

しかしながら、従来の構成には以下のような問題がある。

(1) エッチングストップ層である SiO<sub>2</sub> 層 26 が Si 層 24・Si 層 25 間の全域にわたって形成されているため、Si と SiO<sub>2</sub> の線

膨張率の差に起因する応力によってノズルプレートに大きな反りが発生するおそれがある。このノズルプレートの反りは、ノズルプレートとインクジェットヘッドとの接合精度の低下のみならずノズルプレート自体の構造的信頼性の低下という問題を招来する。

- 5       (2) また、従来のノズルプレートにおいて、上記したような Si と SiO<sub>2</sub> の線膨張率の差に起因するノズルプレートの反りを回避するためには、Si 層 24 および Si 層 25 に十分な剛性が必要となる。したがって、オリフィス 22 が形成される Si 層 24 およびテーパ部 3 が形成される Si 層 25 の層厚が大きくならざるを得ない (Si 層 24 が 1  
10   5 μm、Si 層 25 が 100 μm)。

これにより、オリフィス 22 やテーパ部 23 形成時の Si のエッチング量が多くなり、エッチング時の誤差が大きくなる。すなわち、液滴の流路となるノズル (オリフィス 22 およびテーパ部 23) の形成精度が低くなる。この点、特許文献 1 には、上記ノズルの加工精度が寸法設計  
15   値に対して ±1 ミクロン以内である、との記載があるが、微細ドット形成装置に適用するには加工精度が低い。

本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、高い形成精度の第 1 ノズル穴を備え、かつ、反り等の変形のおそれの少ないノズルプレートおよびその製造方法を実現することにある。

20

#### 発明の開示

本発明のノズルプレートは、上記目的を達成するために、液状物質を吐出する第 1 ノズル穴を有する第 1 ノズル層と、第 1 ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受ける第 2 ノズル穴を有する第 2 ノズル層との間

に、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を介在させたノズルプレートにおいて、上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴が連通する連通部の周囲に、局所的に形成されていることを特徴としている。

- 5        まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものである。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

- 10       また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴が連通する連通部の周囲に形成されており、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

- 15       上記構成によれば、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、第1ノズル層と遮蔽層あるいは第2ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1ノズル層および第2ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、
- 20       ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

- 20       さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1ノズル層および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1ノズル層および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。



また、上記のように第1ノズル層および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1ノズル穴および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができる。ひいては描画の解像度を向上させることができる。

5      また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記遮蔽層の外形は、上記連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことが望ましい。

ここで、上記遮蔽層の外形が上記連通部における第2ノズル穴の外形と一致する状態が、局所的に形成した遮蔽層の外形の最小限度である。  
10      なぜなら、遮蔽層の外形が、形成しようとする第2ノズル穴の連通部における外形より小さいと、第2ノズル穴のエッチングは、遮蔽層の周囲において第1ノズル層へと進行してしまうからである。

したがって、上記構成のように、遮蔽層の外形をこの最小限の外形（上記連通部における第2ノズル穴の外形）より大きくすることによって、  
15      遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。

また、これにより、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれることになり、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

20      また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、第1ノズル穴は、上記第1ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることが望ましい。

上記構成によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部を第1ノズル層に形成することができる。

これにより、形状精度の高い第1ノズル穴を備えることができる。

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることが望ましい。

5      上記構成によれば、第2ノズル穴がテーパ形状であるため、第2ノズル穴において、供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

10      また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記第1ノズル層および第2ノズル層がともに高分子有機材料で構成され、上記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも1つから形成されていることが望ましい。

15      上記構成によれば、第1ノズル層および第2ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

また、第2ノズル層に形成される第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することもないので、第1ノズル層の厚さを一定に保つことができ、吐出すべき液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

20      また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記第1ノズル層および第2ノズル層がともにポリイミド樹脂で形成され、上記遮蔽層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiNから選定される少なくとも1つの材料を主成分とすることが望ましい。

上記構成によれば、第1ノズル層および第2ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

また、第2ノズル層に形成される第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することもないので、第1ノズル層の厚さを一定に保つことができ、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、第1ノズル層と第2ノズル層の少なくとも一方がSi、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成され、上記遮蔽層が、Al、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成されていることが望ましい。

上記構成によれば、第1ノズル層および第2ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴および第2ノズル穴を備えることができる。

また、第2ノズル層に形成される第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することもないので、第1ノズル層の厚さを一定に保つことができ、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

また、第1ノズル層がSiO<sub>2</sub>またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>で形成されている場合には、例えば、液状物質の吐出面に撥液膜を形成する場合に、該撥液膜の付着力が向上し、はがれや欠けを防止することができる。

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する一つ以上の第1ノズル穴を有するノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記ノズル層に固着される補強板と、ノズル層よりエッチング  
5 に対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層とを備えたことを特徴としている。

まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものである。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

10 また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成されており、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

上記構成によれば、ノズル層に固着される構成の上記補強板を別工程で作成することができるため、補強板に使用する材料を選択する際の自由  
15 度が大幅に向上する。これによって高剛性の補強板を使用することができ、ノズルプレートに反りが発生することを防止することができる。

加えて、遮蔽層を、補強板に形成された第2ノズル穴の形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工することができる。これにより、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくすることが  
20 できる。

したがって、ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

以上により、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができ

るとともに、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、その接合精度を上げることができる。

さらに、補強板の剛性によってノズル層に必要な剛性が低減するため、該ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴を層厚の小さなノズル層に形成することで、吐出液滴の大きさを制御する上記第1ノズル穴の形成精度を高めることができる。

また、上記のように第1ノズル穴を有するノズル層と第2ノズル穴を有する補強板とを別の工程で加工することができる。このため、吐出液滴の大きさを制御する吐出穴径を膜厚の薄いノズル層を加工することで設定できるため、高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加えて、上記遮蔽層は第2ノズル穴の開口範囲内に形成されていることが望ましい。

上記構成によれば、上記遮蔽層が第2ノズル穴の開口範囲内に収まるため、遮蔽層の周囲に発生する上記応力を最小限に抑えることが可能となるとともに、遮蔽層をノズル層と補強板との間に挟み込まない構成となるので、ノズル層と補強板との接着精度を高めることができる。

また、上記構成によれば、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を一層小さくすることができる。すなわち、ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生をさらに抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

これにより、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

また、上記のようにノズル層および補強板を別の工程で加工すること

ができるため、第1ノズル穴および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

5 また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加えて、上記第1ノズル穴は、上記第1ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることが望ましい。

上記構成によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部をノズル層に形成することができる。これにより、一層形状精度の高い第1ノズル穴を備えることができる。

10 また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記ノズル層が高分子有機材料によって形成され、上記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも1つによって形成され、上記補強板がSi、無機酸化物材料、高分子有機材料のうちの少なくとも1つによって形成されていることが望ましい。

15 上記構成によれば、ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

20 また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記ノズル層がポリイミド樹脂で構成され、上記遮蔽層がTi、Al、Au、Pt、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiNから選定される少なくとも1つの材料で構成され、補強板がSi、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも1つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂から構成されているこ

とが望ましい。

上記構成によれば、ノズル層を、酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる

また、本発明のノズルプレートは、上記構成に加え、上記ノズル層がSi、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記遮蔽層がAl、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料で構成され、上記補強板が、Si、ガラス、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂によって形成されていることが望ましい。

上記構成によれば、ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、遮蔽層は上記フッ素を用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、一層高い形成精度の第1ノズル穴を備えることができる。

また、ノズル層がSiO<sub>2</sub>またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>で形成されている場合には、例えば、液状物質の吐出面に撥液膜を形成する場合に、該撥液膜の付着力が向上し、はがれや欠けを防止することができる。

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、上記第1ノズル穴を形成するためのノズル層を形成する

工程と、上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、第1ノズル穴を形成する際のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部からノズル層をエッチングし、上記開口部からノズル層を貫通する第

5 1ノズル穴を形成する工程とを含むことを特徴としている。

上記方法によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の開口部の口径と同一口径の第1ノズル穴をノズル層に形成することができる。これにより、第1ノズル穴を高精度に形成することができる。

また、遮蔽層の材料に、第1ノズル穴のエッチングマスクとして、あ  
10 るいは、第1ノズル穴の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴をより高精度に形成できる。

また、上記遮蔽層を局所的に形成するため、ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を抑制することができ、ノズルプレート  
15 に大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、ノズル層に要求される剛性が減少し、ノズル層の層厚を小さくすることができる。す  
20 なわち、第1ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、第1ノズル穴を高い精度で形成することができる。

また、上記のようにノズル層の層厚を小さくすることができるため、



第1ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記方法に加え、上記  
5 の3つの工程に続いて、別途形成された第2ノズル穴を有する補強板を、上記ノズル層上に設けられた遮蔽層が上記第2ノズル穴の内部に位置するように上記ノズル層に接合する工程を行うことが望ましい。

上記方法によれば、上記遮蔽層は、第1ノズル穴形成時のエッチングマスクとなる大きさでさえあれば、第2ノズル穴の内部に位置するよう  
10 な小さな形状に形成することができる。これに加え、上記遮蔽層は第2ノズル穴の開口範囲内に位置するため、遮蔽層と補強板とは接触しない。これにより、ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

15 また、補強板をノズル層とは別に形成することで、製造工程の簡略化や製造コストの低減化が可能となる。

また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液体を吐出するためのノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、第1ノズル穴を加工するための第1ノズル層を形成する第  
20 1工程と、上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、該第1ノズル穴のエッチング時の遮蔽層となるエッチングマスクを、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、上記第1ノズル層および遮蔽層の上に、第2ノズル穴を加工するための第2ノズル層を形成する第3工程と、上記第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記

遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第4工程と、上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部から第1ノズル層をエッチングすることで該第1ノズル層を貫通する第1ノズル穴を加工する第5工程とを含むことを特徴としている。

- 5       上記方法によれば、遮蔽層をエッチングマスクとして、遮蔽層の開口部の口径と同一口径の第1ノズル穴を第1ノズル層に形成することができる。これにより、第1ノズル穴を高精度に形成することができる。

- 10       また、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。すなわち、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがない。これにより、第1ノズル層の厚さが一定に保たれることになり、液状物質の流路抵抗にばらつきが生じることがない。

- 15       また、遮蔽層の材料に、第1ノズル穴のエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第1ノズル穴の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第1ノズル穴をより高精度に形成することができる。

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、遮蔽層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

- 20       また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記方法に加えて、上記第4工程と第5工程とを連続して行うことが望ましい。

上記方法によれば、第4工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第5工程のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出するための第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受けるための第2ノズル穴を有する第2ノズル層とを備えたノズルプレートにおいて、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性の高い吐出層が、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成されており、上記第1ノズル穴は、第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴としている。

10        まず、上記第1ノズル穴は、第2ノズル穴に供給された液状物質を吐出するためのものであり、その第1ノズル穴に連通した開口部は、液状物質の吐出方向や吐出量の制御に大きく寄与する吐出特性寄与部分である。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

15        上記構成によれば、第1ノズル層よりエッチング耐性の高い吐出層に、上記開口部としての吐出特性寄与部分が形成されている。

したがって、第1ノズル穴を形成するために第1ノズル層をエッチングする場合に、吐出層は、そのエッチングに対する耐性が高いので、吐出層の開口部の形状が変形する等のおそれを小さくすることができる。

20        例えば、予め形成された吐出層の開口部を一旦第1ノズル層の構成材料で埋め、しかる後に第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成し、上記開口部を開口させて吐出特性寄与部分とする場合であっても、吐出層のエッチング耐性が第1ノズル層より高いために、吐出層が露出した時点で第1ノズル層のエッチングが確実にストップする。

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された開口部と同一形状となる。

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層は、第1ノズル層内に形成されていることが好ましい。

上記構成によれば、上記吐出層の厚みは、第1ノズル層の厚みより小さくなる。吐出層が薄い程、開口部を形成するためのエッチング量を小さくできるので、上記開口部の形成精度を高くすることができる。

したがって、上記のように、第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を予め形成された開口部と同一形状に形成した場合、上記吐出特性寄与部分の形成精度は一層高まることになる。

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量がさらに安定し、解像度の一層高い描画が可能となる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層の主成分が無機材料であることが好ましい。

上記構成によれば、上記吐出層が無機材料で構成されているため、上記吐出層上に例えば撥液膜を形成した場合にも、上記吐出層に形成された開口部の形状を維持することができる。

すなわち、撥液膜の形成時に際して吐出層上に撥液材料を塗布した場合に、たとえ該撥液材料が上記開口部内に回りこんだとしても、酸素を

含有するプラズマを用いたドライエッチング法等で簡便に除去でき、また該ドライエッチングによって上記開口部が損傷を受けることもなく、その形状が変化することがないからである。

5       これにより、液状物質の吐出方向や吐出量がさらに安定し、解像度の  
一層高い描画が可能となる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、第1ノズル穴における第1ノズル層の貫通部を第1ノズル穴部としたとき、上記吐出層の外形は、吐出層と第1ノズル層との境界面における第1ノズル穴部の外形より大きいことが望ましい。

10       上記構成によれば、吐出層は、第1ノズル層のエッチングにおけるストッパ層として機能する。すなわち、第1ノズル穴を形成するため第2ノズル層側から第1ノズル層をエッチングした場合、該エッチングは吐出層にていわば自動的にストップし、第1ノズル穴部が形成される。

15       これにより、第1ノズル層のオーバーエッチを防止でき、所定の形状の第1ノズル穴部を容易に形成することができる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層は上記開口部の周囲に、局所的に形成されていることが好ましい。

20       上記構成によれば、吐出層と第1ノズル層との接触面積を小さくすることができる。これにより、吐出層と第1ノズル層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。

5 これにより、高い形成精度の第1および第2ノズル穴を備えることができる。

また、上記のように第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画  
10 の解像度を向上させることができる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層と第2ノズル層との間に第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層が局所的に介在し、上記第1ノズル穴は遮蔽層を貫通して第2ノズル穴に連通していることが好ましい。

15 上記構成によれば、上記遮蔽層は、第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成する際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなる。

これにより、遮蔽層の貫通部の口径と同一口径の貫通部を第1ノズル層に形成することができる。これにより、形状精度の高い第1ノズル穴  
20 を備えることができる。

また、上記遮蔽層が局所的に設けられているため、第1ノズル層と遮蔽層あるいは第2ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1および第2ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな

反りが発生することを防止できる。したがって、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

- 5       さらに、上記のような応力の発生を抑制できることで、第1および第2ノズル層に要求される剛性が減少し、第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴や第2ノズル穴のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、高い形成精度の第1および第2ノズル穴を備えることがで
- 10       きる。

また、上記のように第1および第2ノズル層の層厚を小さくすることができるため、第1および第2ノズル穴を小さく形成することができる。これにより、第1ノズル穴の集積度を上げることができ、ひいては描画の解像度を向上させることができる。

- 15       また、本発明のノズルプレートにおいては、上記遮蔽層は、第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、上記遮蔽層の外形は、第1ノズル穴と第2ノズル穴との連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことが好ましい。

- 20       上記構成のように、遮蔽層のエッチング耐性を第2ノズル層より高くし、遮蔽層の外形を第1および第2ノズル穴の連通部における第2ノズル穴の外形より大きくすることによって、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。また、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さ

が一定に保たれる。

換言すれば、遮蔽層によって第2ノズル穴加工の終点を、遮蔽層の表面に精度良く設定することができるので、第1ノズル層が第2ノズル穴加工時のオーバーエッチによって損傷を受けることがなく、このため第1ノズル穴の長さを第1ノズル層の層厚で制御することができる。これによって流路抵抗が安定し、液滴の吐出安定性が安定し、着弾精度と解像度が向上する。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層は第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いことが好ましい。

上記構成によれば、第1ノズル層自体を、第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能させることができ、第2ノズル穴のエッチングを第1ノズル層で止めることができる。

このように、遮蔽層を設けることなく、第2ノズル穴のエッチングを第1ノズル層で止めることができるため、上記した第1および第2ノズル層と遮蔽層との間の応力が発生せず、ノズルプレートに反りが発生することを一層効果的に防止できる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、第1ノズル層の貫通部である第1ノズル穴部は、上記開口部との連通部が狭まったテーパ形状であることが好ましい。

上記構成によれば、第1ノズル穴部がテーパ形状であるため、該第1ノズル穴部に供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることが好ましい。



上記構成によれば、第2ノズル穴がテーパ形状であるため、第2ノズル穴において、供給された液状物質に乱流が発生しにくく、液滴の吐出安定性を高めることができる。

5       また、本発明のノズルプレートにおいては、少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されていることが好ましい。

上記構成によれば、少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されているため、開口部に形成される液状物質のメニスカス形状が安定し、これに伴い液状物質の吐出方向が安定する。すなわち、着弾精度が向上し描画解像度が向上する。

10       ただし、上記撥液膜を形成する際、該撥液膜が開口部の内部（内壁）に回りこまないように形成することが望ましく、例えばドライエッチング等によって上記開口部内に回り込んだ撥液膜を除去しても良い。

15       また、本発明のノズルプレートは、上記課題を解決するために、液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記第1ノズル層に固着される補強板と、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層と、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成された吐出層とを備え、上記第1ノズル穴は第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴としている。

20       上記構成によれば、第1ノズル層よりエッチング耐性の高い吐出層に、上記開口部としての吐出特性寄与部分が形成されている。

したがって、第1ノズル穴を形成するために第1ノズル層をエッチン

グする場合に、吐出層は、そのエッチングに対する耐性が高いので、吐出層の開口部の形状が変形する等のおそれを小さくすることができる。

例えば、予め形成された吐出層の開口部を一旦第1ノズル層の構成材料で埋め、しかる後に第1ノズル層をエッチングして第1ノズル穴を形成し、上記開口部を開口させて吐出特性寄与部分とする場合であっても、吐出層のエッチング耐性が第1ノズル層より高いために、吐出層が露出した時点で第1ノズル層のエッチングが確実にストップする。

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された開口部と同一形状となる。

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

また、上記遮蔽層は、第1ノズル穴のエッチングの際、第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとなり、精度の高い第1ノズル穴を形成することができる。

さらに、上記遮蔽層を、補強板に形成された第2ノズル穴の形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工することができる。

これにより、第1ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくすることができる。

また、第1ノズル層に固着される構成の上記補強板を別工程で作成することができるため、補強板に使用する材料を選択する際の自由度が大幅に向上する。これによって高剛性の補強板を使用することができ、ノ

ズルプレートに反りが発生することを防止することができる。

したがって、第1ノズル層および補強板と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止できる。

- 5       さらに、補強板の剛性によって第1ノズル層に必要な剛性が低減するため、第1ノズル層の層厚を小さくすることができる。すなわち、第1ノズル穴を層厚の小さな第1ノズル層に形成することで、第1ノズル穴の形成精度をより高めることができる。

- 10       また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層がAl、Pt、Au、 $Al_2O_3$ 、AlNのうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記第1ノズル層がシリコン化合物から構成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されていることが好ましい。

- 15       上記構成によれば、前記吐出層を構成する材料は、第1ノズル層を構成するシリコン化合物のエッチング（例えば、フッ素を含有するプラズマを用いたドライエッチング）、あるいは第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば、酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ）に対して、高いエッチング耐性を有している。

- 20       したがって、第1および第2ノズル穴加工の際に吐出層が損傷を受けることがない。すなわち、ノズル（第1および第2ノズル穴）作成プロセスにおいて開口部が変形することがなく、非常に高い加工精度で加工された開口部を有するノズルプレートを構成することができる。これにより、着弾精度が向上し、描画解像度が向上する。

さらに、第1ノズル層を構成するシリコン化合物は、第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング（例えば、酸素を含有するプラズマを用

いたドライエッチ) に対して、高いエッチング耐性を有しているため、第2ノズル穴加工の際にオーバーエッチによって、第1ノズル層が大きな損傷を受けることがない。

5       このため、第1ノズル層の層厚が減少することで第1ノズル穴の長さ(深さ) ひいては流路抵抗が変化することを抑制でき、これによって液滴の吐出安定性の劣化を抑制することができる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記吐出層がシリコン化合物から構成され、上記第1ノズル層がA1を主成分とする金属材料で構成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されることが好ましい。

10       上記構成によれば、上記吐出層を構成する材料が、第1ノズル層を構成するA1を主成分とする金属材料のエッチング(例えば塩素を含有するプラズマを用いたドライエッチング)、あるいは第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング(例えば酸素を含むプラズマを用いたドライエッチ) に対して、高いエッチング耐性を有している。

15       したがって、第1および第2ノズル穴加工の際に開口部が損傷を受けることがない。すなわち、ノズル(第1および第2ノズル穴) 作成プロセスにおいて開口部が変形することがなく、非常に高い加工精度で加工された開口部を有するノズルプレートを構成することができる。これによって、着弾精度が向上し、描画解像度が向上する。

20       さらに、第1ノズル層を構成するA1を主成分とする金属材料は、第2ノズル層を構成する有機樹脂のエッチング(例えば酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチ) に対して、高いエッチング耐性を有している。したがって、第2ノズル穴加工の際にオーバーエッチによって、第1ノズル層が大きな損傷を受けることがない。

このため、第1ノズル層の層厚が減少することで第1ノズル穴の長さ（深さ）が変化しひいては流路抵抗が変化することを抑制でき、これにより、液滴の吐出安定性の劣化を抑制することができる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層が有機  
5 樹脂で形成され、上記吐出層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlNから選定される少なくとも1つの材料を主成分とすることが好ましい。

上記構成によれば、第1ノズル層を酸素を用いたプラズマによるドライエッチングで容易に加工できる。加えて、吐出層は上記酸素を用いた  
10 プラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の開口部を備えることができる。

また、上記構成において、遮蔽層についても吐出層と同様の材料を使用することができる。この場合、第1ノズル層をエッチングして第1ノ  
15 ズル穴を形成する際、上記遮蔽層を第1ノズル穴の開口部の形状を規定するマスクとして用いることができるので、レジストによるパターンニングに比べ第1ノズル穴の加工精度を向上させることができる。

さらに、第2ノズル層を第1ノズル層と同様に有機樹脂で構成した場合、上記遮蔽層は、第2ノズル穴を加工する際の酸素を用いたプラズマ  
20 によるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、したがって、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。

これによって、第1ノズル穴の長さ（深さ）が安定し、ひいては流路抵抗が安定するため液滴の吐出安定性が向上する。この結果、着弾精度が向上し、高解像度描画が可能になる。

また、本発明のノズルプレートにおいては、上記第1ノズル層がSi、  
SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって  
形成され、上記吐出層が、Al、Ni、Fe、Co、Cu、Au、Pt、  
Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料に  
5 よって形成されていることが望ましい。

上記構成によれば、第1ノズル層を、フッ素を用いたプラズマによる  
ドライエッチングで容易に加工できる。加えて、吐出層は上記フッ素を  
用いたプラズマによるドライエッチングに対してエッチング耐性が高く、  
ほとんどエッチングされない。これにより、より一層高い形成精度の開  
10 口部を備えることができる。

また、上記構成において、遮蔽層についても吐出層と同様の材料を使用  
することができる。この場合、第1ノズル層をエッチングして第1ノ  
ズル穴を形成する際、上記遮蔽層を第1ノズル穴の開口部の形状を規定  
するマスクとして用いることができるので、レジストによるパターンニ  
15 グに比べ第1ノズル穴の加工精度を向上させることができる。

さらに、第2ノズル層を第1ノズル層と同様にSiまたはSi化合物  
で構成した場合、上記遮蔽層は第2ノズル穴を加工するフッ素を用いた  
プラズマによるドライエッチングに対するエッチング耐性が高いので、  
第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽層で停止することができる。

20 また、第2ノズル層を有機樹脂で構成した場合でも、上記遮蔽層は第  
2ノズル穴を加工する酸素を用いたプラズマによるドライエッチングに  
対するエッチング耐性が高いので、第2ノズル穴の加工を精度良く遮蔽  
層で停止することができる。これによって、第1ノズル穴の長さが安定  
し、流路抵抗が安定するので、吐出安定性が向上する。これによって着

弾精度が向上し、高解像度描画が可能になる。

すなわち、上記構成では第2ノズル層に有機樹脂またはSiあるいはSi化合物のいずれをも使用することができ、材料選択の範囲が広がり、ノズルプレートの製造が容易となる。

- 5       また、本発明のノズルプレートの製造方法は、上記課題を解決するために、液状物質を吐出するための、第1開口部および第1ノズル穴部を有する第1ノズル穴と、該第1ノズル穴を有する第1ノズル層とを備えたノズルプレートの製造方法であって、上記第1開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い吐出層を形成する吐出層形成
- 10       工程と、上記第1開口部を埋めるとともに吐出層を覆うような第1ノズル層を形成する第1ノズル層形成工程と、上記第1開口部の形成位置に対応して、上記第1ノズル層に上記第1ノズル穴部を形成する第1ノズル穴部形成工程と、上記第1ノズル穴部から第1ノズル層をエッチングし、上記第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程とを含む
- 15       ものである。

まず、上記第1開口部は、液状物質の吐出方向や吐出量の制御に大きく寄与する吐出特性寄与部分である。ここで、上記液状物質とは、液体のみならず、第1ノズル穴から吐出可能な程度の粘性を有する物質を含む。

- 20       上記方法によれば、上記吐出層が第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いため、第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程において、第1ノズル層がエッチングされ、吐出層が露出した時点で当該エッチングは確実にストップする。

すなわち、上記吐出特性寄与部分は予め形成された第1開口部と同一

形状となる。

この結果、第1ノズル層に吐出層を設けることなく上記第1ノズル穴の吐出特性寄与部分を第1ノズル層に直接形成する場合と比較して、上記吐出特性寄与部分の形成精度を飛躍的に向上させることができる。

5       これにより、液状物質の吐出方向や吐出量が安定し、解像度の高い描画が可能となる。

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第1除去工程の後に、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が低い第2ノズル層を、上記第1開口部および第1ノズル穴部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように形成する第2ノズル層形成工程と、該第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、を含むことが望ましい。

10

上記方法によれば、第1ノズル層は第2ノズル穴のエッチング時のストッパとして機能し、遮蔽層等のエッチングストッパを形成することなく、第2ノズル穴形成時の第2ノズル層のエッチングを第1ノズル層にて止めることができる。

15

したがって、上記遮蔽層等のエッチングストッパと第1および第2ノズル層とのとの線膨張率の差に起因する応力が発生することがない。

この結果、ノズルプレートに大きな反りが発生することを防止でき、ノズルプレートを、例えばインクジェットヘッドと接合する際に、接合精度を上げることができるとともに、ノズルプレート自体の構造的信頼性を上げることができる。

20

さらに、上記のような応力の発生を回避できることで、第1ノズル層に要求される剛性が減少し、第1ノズル層の層厚を小さくすることがで



きる。すなわち、第1ノズル穴部のエッチングに伴うエッチング量が少なくなり、形成誤差を小さくできる。これにより、第1ノズル穴部を高い精度で形成することができる。

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、吐出層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第1ノズル層形成工程と第1ノズル穴部形成工程との間に、第2開口部を有し、第1および第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を、形成された第1ノズル層上に、上記第1開口部に対応して局所的に形成する遮蔽層形成工程と、上記第2開口部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように第2ノズル層を形成し、しかる後に第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、を含むことが好ましい。

上記方法によれば、遮蔽層は第2ノズル穴のエッチング時のストップとして機能し、第2ノズル穴のエッチングを遮蔽層で確実に止めることができる。また、第2ノズル層をエッチングする際、第2ノズル穴が遮蔽層を貫通することがないので、第1ノズル層の厚さが一定に保たれる。

換言すれば、遮蔽層によって第2ノズル穴加工の終点を、遮蔽層の表面に精度良く設定することができるので、第1ノズル層が第2ノズル穴加工時のオーバーエッチによって損傷を受けることがなく、このため第1ノズル穴の長さを第1ノズル層の層厚で制御することができる。これによって流路抵抗が安定し、液状物質の吐出安定性が安定し、着弾精度

と解像度が向上する。

また、上記遮蔽層を局所的に形成するため、第1ノズル層と遮蔽層との接触部分の面積を小さくできる。これにより、第1ノズル層と遮蔽層との線膨張率の差に起因する応力の発生を抑制することができ、ノズル  
5 プレートに大きな反りが発生することを防止できる。

さらに、第1ノズル穴および第2ノズル穴をエッチングする際、遮蔽層に対して1方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように2方向からエッチングを行う場合に比較して、第1ノズル穴と第2ノズル穴の位置合わせが容易である。

10 また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部内の第2ノズル層を除去する第2除去工程と、上記第1開口部内の第2ノズル層を除去する第3除去工程とを行うことが好ましい。

上記方法によれば、第2ノズル穴の加工工程におけるエッチング装置  
15 およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第1ノズル穴のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部形成工程および第1除去  
20 工程を行うことが好ましい。

上記方法によれば、第2ノズル穴の加工工程におけるエッチング装置  
およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第1ノズル穴のエッチングを行うことができる。

これにより、製造プロセスを簡略化できる。

また、本発明のノズルプレートの製造方法においては、少なくとも、上記吐出層表面に、上記吐出層よりエッチングに対する耐性の低い撥液膜を形成する工程と、上記第1開口部の反対側からエッチングを行い、第1ノズル穴内の撥液膜を除去する工程とを含むことが好ましい。

- 5      上記方法は、吐出層の表面から第1開口部の内部（内壁）に回り込んだ撥液膜を、第1開口部の反対側からエッチングすることで除去するものである。

- 10      ここで、上記吐出層は上記撥液膜のエッチングに対して高いエッチング耐性を有しているため、第1開口部内に回り込んだ撥液膜を除去するエッチング過程において、第1開口部が変形することがない。

これにより、上記回り込んだ撥液膜を除去するエッチングを行う余裕が大きくなり、十分なエッチングによって、上記回り込んだ撥液膜をほぼ完全に除去することができる。

- 15      この結果、第1開口部の内部（内壁）における撥液膜の残留を回避できるため、第1開口部表面の吐出液との濡れ性の安定化ひいては吐出液滴の着弾精度を向上させることができ、したがって、描画解像度の高いノズルプレートを安定して製造することができる。

- 20      本発明のさらに他の目的、特徴、および優れた点は、以下に示す記載によって十分わかるであろう。また、本発明の利益は、添付図面を参照した次の説明で明白になるであろう。

#### 図面の簡単な説明

図1（a）は、本発明の実施の形態1にかかるノズルプレートを示す斜視図、図1（b）は、図1（a）のA-A'矢視断面を示す説明図で

ある。

図 2 は、上記ノズルプレートの変形例を断面の構成により示す説明図である。

図 3 (a) ~ 図 3 (g) は、本発明の実施の形態 1 にかかるノズルプレート  
5 レートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

図 4 は、上記ノズルプレートの製造方法の変形例を断面の構成により示す説明図である。

図 5 (a) は、本発明の実施の形態 2 にかかるノズルプレートを示す斜視図、図 5 (b) は、図 5 (a) における B-B' 矢視断面を示す説明  
10 図である。

図 6 (a) ~ 図 6 (g) は、本発明の実施の形態 2 にかかるノズルプレート  
の製造方法を断面の構成により示す説明図である。

図 7 は、実施の形態 2 にかかる補強板の構成を説明する斜視図である。

図 8 (a) ~ 図 8 (c) は、本発明の実施の形態 1 にかかるノズル  
15 レートの他の製造方法を断面の構成により示す説明図である。

図 9 は、本発明の実施の形態 1 にかかるノズルプレートの他の製造方法を断面の構成により示す説明図である。

図 10 (a)、図 10 (b) は、ノズル層と補強板との接合方法を説明する模式図である。

図 11 (a) は、本発明の実施の形態 3 にかかるノズルプレートを示す斜視図、図 11 (b) は、図 11 (a) の A-A' 矢視断面を示す説明  
20 図である。

図 12 は、上記ノズルプレートの変形例を断面の構成により示す説明図である。

図 1 3 ( a ) ～ 図 1 3 ( g ) は、本発明の実施の形態 3 にかかるノズルプレートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

図 1 4 は、上記ノズルプレートの製造方法の変形例を断面の構成により示す説明図である。

5 図 1 5 ( a ) は、本発明の実施の形態 4 にかかるノズルプレートを示す斜視図、図 1 5 ( b ) は、図 1 5 ( a ) における B - B ' 矢視断面を示す説明図である。

図 1 6 ( a ) ～ 図 1 6 ( g ) は、本発明の実施の形態 4 にかかるノズルプレートの製造方法を断面の構成により示す説明図である。

10 図 1 7 ( a ) ～ 図 1 7 ( c ) は、撥液膜のエッチング除去工程を説明する説明図である。

図 1 8 は、実施の形態 3 にかかるノズルプレートの変形例を断面の構成により示す説明図である。

15 図 1 9 ( a ) は、従来のノズルプレートを示す斜視図、図 1 9 ( b ) は、図 1 9 ( a ) における C - C ' 矢視断面を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、実施例および比較例により、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらにより何ら限定されるものではない。

20 [実施の形態 1]

本発明の実施の形態 1 について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

(ノズルプレート)

図 1 ( a ) は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプ

レートの一部の斜視図であり、図1(b)は、図1(a)のA-A' 矢視断面図である。ノズルプレートには1個以上の液体(液状物質) 吐出口9が形成されており、図1(a)においては2個の液体吐出口9が示されている。

5 図1(a)・図1(b)に示すように、ノズルプレート8は、第1ノズル層1、第2ノズル層2、ストッパ層3(遮蔽層)、撥液膜4、ノズル穴11を備えている。第1ノズル層1の液体吐出面側には撥液膜4が形成され、その反対側には第2ノズル層2が形成されている。ストッパ層3は、第2ノズル層2内にて、第1ノズル層1と第2ノズル層2との界面に位置し、第1ノズル層1に接するとともに、上記液体吐出口9を開口部とする第1ノズル穴11aの形成位置に局所的に形成されている。すなわち、第1ノズル穴11aは、撥液膜4、第1ノズル層1を貫通し、さらに局所的に形成されたストッパ層3の中心部を貫通している。

10 また、第2ノズル穴11bは、上記第1ノズル穴11aとともにノズル穴11を構成し、円筒形状の第1ノズル穴11aとの連通部から裾広がり、第2ノズル層2を通過して、撥液膜4の反対側の面2bにて開口している。

15 なお、円錐台形状の第2ノズル穴11bの上底11yは、第1ノズル穴11aを中心とする円環形状であり、ストッパ層3が当該上底11yを成して露出している。したがって、第1ノズル穴11aと第2ノズル穴11bの連通部11x(略円形)の口径は、第2ノズル穴11bの外底11yの外口径(上記連通部11xにおける第2ノズル穴11bの外形)より小さい。ここで、すでに説明したとおり、第1ノズル穴11aの略円形の開口部が液体吐出口9となっている。また、第2ノズル穴1

1 b の略円形の開口部が液体供給口 1 2 となっている。

以下、各部のサイズや材質の具体例を説明するが、本発明がその具体例に限定されるものではない。

5 第 1 ノズル層 1 には厚さが約  $1 \mu\text{m}$  のポリイミド膜が用いられ、第 2 ノズル層 2 には厚さが約  $20 \mu\text{m}$  のポリイミド膜が用いられている。

ストップ層 3 は Ti を主成分とする金属材料からなりノズルプレート 8 全体の応力による反りを低減するため、1 辺約  $20 \mu\text{m}$  の略正方形形状となっている。

10 第 1 ノズル穴 1 1 a の開口部（液体吐出口 9）の口径は約  $3 \mu\text{m}$  である。また、第 2 ノズル穴 1 1 b の上底 1 1 y の外口径は  $10 \mu\text{m}$  であり、開口部（液体流入口 1 2）の口径は  $3.0 \mu\text{m}$  である。

また、第 1 ノズル層 1 上の撥液膜 4 は、フッ素重合もしくはシリコン系の高分子膜により形成されている。

15 本実施の形態によれば、上記ストップ層 3 はノズル穴 1 1 の形成位置ごとに局所的に設けられているため、従来のように第 1 ノズル層と第 2 ノズル層との界面の全体にわたってストップ層を形成する構成と比較して、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 とストップ層 3 との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレート 8 に大きな反りが発生することを防止できる。

20 また、上記のような応力の発生を抑制できるため、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 に要求される剛性が小さくてすむ。これにより、第 1 ノズル層 1 あるいは第 2 ノズル層 2 の層厚を、従来の構成（図 1 9 (a)・図 1 9 (b) に示す Si 層 2 4 が  $15 \mu\text{m}$ 、Si 層 2 5 が  $100 \mu\text{m}$ ）に比較して、小さくすることができる。（本実施の形態では、第 1

ノズル層 1 が  $1\ \mu\text{m}$ 、第 2 ノズル層 2 が  $20\ \mu\text{m}$ )。これにより、第 1 ノズル穴 1 1 a および第 2 ノズル穴 1 1 b の後述するエッチングの際、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング量が少なくで済み、形成誤差が小さくなる。したがって、形成精度の高いノズル穴 1 1 を備えることができる。

また、第 2 ノズル穴 1 1 b がテーパ形状であるため、第 2 ノズル穴 1 1 b 内部において、液体の乱流が発生しにくくなり、液滴の吐出安定性を向上させることができる。

また、上記のように第 2 ノズル層 2 を従来の構成に比較して薄くすることができるため、第 2 ノズル穴 1 1 b をテーパ形状に形成しても、液体流入口 1 2 を従来の構成に比較して小さくすることができる。これにより、ノズル穴 1 1 の集積度を上げることができる。

また、撥液膜 4 によって、液滴が第 1 ノズル穴 1 1 a 近傍の第 1 ノズル層 1 に付着することを防止することができる。

なお、第 1 ノズル層 1 に用いられる材料はポリイミドに限定されない。ポリイミド以外の高分子有機材料であっても良いし、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  といった Si 化合物材料、あるいは Si であっても良い。

また、ストップ層 3 に用いる材料も Ti を主成分とする金属材料に限定されない。第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング加工および後述する犠牲層 5 のエッチングの際、当該エッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、エッチングガス（酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ等）、または、エッチャント（硝酸、水酸化カリウム水溶液等）に対する耐性の高い材料であればよい。具体的には、Ti、Al、Cu、Au、Pt、Ta、W、Nb 等を主成分とする



金属材料、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等を主成分とする無機酸化物材料、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 等を主成分とする無機窒化物材料等が挙げられる。

また、第2ノズル層2に用いられる材料もポリイミドに限定されない。第1ノズル層1と同様に、ポリイミド以外の高分子有機材料であっても  
5 良いし、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ といったSi化合物材料、あるいはSiであっても良い。

また、ストップ層3の形状もノズル穴11の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図1(a)に示すように、本実施の形態では1個  
10 のストップ層3に対して1個のノズル穴11が形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれば、1個のストップ層3に複数個のノズル穴11を形成しても良い。

また、本実施の形態では、図1(b)に示すように、第1ノズル穴1  
15 1aと第2ノズル穴11bの連通部11xの口径は、第2ノズル穴11bの上底11yの口径より小さいがこれに限定されない。上記連通部11xの口径が上記当接部11yの口径と同じであっても構わない。また、本実施の形態では、第2ノズル穴11bは、第1ノズル穴11aとの連通部11xが狭まった円錐台形状（テーパ形状）であるがこれに限定さ  
20 れない。例えば、図2に示すように、第2ノズル穴11bの側壁がストップ層3と垂直の、いわゆるストレート形状（円筒形状）に形成することもできる。この場合、第2ノズル穴11bの液体流入口12をより小さくすることができ、ノズルの集積度をさらに高めることができる。さらに、第2ノズル穴11bを、図8(c)に示すような膨らみのあるテ

ーパ形状としてもよい。

上記のように、ノズルプレート8を第1ノズル層1、ストップ層3、第2ノズル層2を備える構成にすることによって、

(1) 液体吐出口9の形状を、厚さ1  $\mu$ mの第1ノズル層1の加工精度が支配するため、液体吐出口9の形状精度を向上することができる。

(2) ノズルプレート8の剛性は第2ノズル層2で維持できるため、ノズルプレート8全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。

(3) ストップ層3の形状を必要最小限に設定することができるので、応力によるノズルプレート8の反りを低減することができる。

(4) ノズルプレート8の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート8の液体流入口12を小さくすることができ、これによってノズル穴11の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。

(5) 膜厚の厚い第2ノズル層2によって補強されているためノズルプレート8全体の剛性が高く反りが発生しにくくなるとともに取り扱いが容易になる。

(6) 膜厚の厚い第2ノズル層2に加工された第2ノズル穴11bの加工精度がたとえ悪くとも、第2ノズル穴11bの加工時にはストップ層3でエッチングが止まるため、吐出される液滴の大きさを制御する第1ノズル穴11aに影響を及ぼすことがない。

(7) ノズルプレート8は、ストップ層3が第1ノズル層1よりも薄く設定されているため、前記ストップ層3をフォトリソグラフィ技術を用いてエッチング加工を行う際、ストップ層3を用いることなく第1ノズル層1を直接フォトリソグラフィ技術を用いて加工する場合に比べ、加

工の形状精度が高く、このストッパ層 3 をマスクとしてエッチング選択性の高い加工方法で第 1 ノズル層 1 を加工することができるので、吐出される液滴の大きさを制御する第 1 ノズル穴 1 1 a を高精度で形成することができる。

- 5 (8) 第 1 ノズル層 1 に  $\text{SiO}_2$  あるいは  $\text{Si}_3\text{N}_4$  を使用した場合、第 1 ノズル層 1 上に撥液膜 4 を形成する際、撥液膜 4 の付着力が向上するため、撥液膜 4 のはがれや欠けが防止されるため、吐出される液滴の吐出方向が安定し、描画画像の解像度が向上する。

(ノズルプレートの製造方法)

- 10 次に、本実施の形態にかかるノズルプレートの一製造方法を説明する。図 3 (a) ~ 図 3 (g) は本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を説明する図である。また、図 4 は、図 3 (c) に示される工程の変形例である。

- 15 まず、 $\text{Si}$  やガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板 6 に、犠牲層 5 を、 $\text{Ni}$  を用いた湿式鍍金によって形成する (図 3 (a) 参照)。犠牲層 5 の厚さは  $10 \mu\text{m}$  とする。

- 次に、上記犠牲層 5 の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ  $1 \mu\text{m}$  で成膜し、第 1 ノズル層 1 を形成する (第 1 の工程、図 3 (b))。ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は犠牲層 5 上にスピコートによって塗布し、  
20  $350^\circ\text{C}$  で 2 時間焼成した。

次に、上記第 1 ノズル層 1 上に、ストッパ層 3 を形成する (第 2 の工程、図 3 (c))。まず、 $\text{Ti}$  を主成分とする材料を用い、スパッタ法にて厚さ  $0.5 \mu\text{m}$  ( $5000 \text{ \AA}$ ) のストッパ層 3 を形成する。そして、このストッパ層 3 を、フォトリソグラフィにより所定の形状のレジスト

パターンを形成した後、イオンミリングのようなA r イオンによるドライエッチングによって一辺20  $\mu$ mの略正方形形状に加工する。このドライエッチングの際に、上記略正方形の内部に口径3  $\mu$ mの開口部11 a<sub>1</sub>を1個形成する。この開口部11 a<sub>1</sub>は後述する第1ノズル穴11 aの形成パターンであり、第1ノズル穴11 aの一部となる。

次に、第2ノズル層2を上記第1ノズル層1およびストッパ層3上に、20  $\mu$ mの厚さで形成する（第3の工程、図3（d））。第2ノズル層2は、第1ノズル層1と同様に塗布型ポリイミド樹脂をスピコート法にて塗布し、350℃で2時間焼成し20  $\mu$ mの厚さとした。ここで、ストッパ層3の開口部11 a<sub>1</sub>もポリイミド樹脂にて埋められることになる。

次に、上記第2ノズル層2上にフォトリソグラフィによってレジストパターン7を形成し、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングを行い、第2ノズル層2にテーパ形状（円錐台形状）の第2ノズル穴11 bを形成した（第4の工程、図3（e））。なお、上記ドライエッチングはストッパ層3で止めることができる。すなわち、ストッパ層3の上記開口部11 a<sub>1</sub>を除いてストッパ層3が露出した部位では、ドライエッチングがそれ以上進行しない。

第2ノズル穴11 bのテーパ形状の加工に際しては、上記エッチングにおいて、レジストパターン7のエッチレートと第2ノズル層2のポリイミド樹脂のエッチレートを概ね等しくし、該レジストパターン7を150℃で60分ポストバークすることによってレジストパターン7をテーパ形状とし、エッチングによってこの形状を第2ノズル層2に転写する手法を用いた。

すなわち、図 9 に示すように、エッチレートがポリイミド樹脂（第 2 ノズル層 2）と概ね等しくテーパ断面を有するレジストパターン 7 を形成し、ポリイミド樹脂のエッチングと同じスピードでレジストパターン 7 をエッチングし、レジストパターン 7 のエッジを広げる。このとき  
5 ポリイミド樹脂（第 2 ノズル層 2）もエッチングされることになり、エッチングの壁面（第 2 ノズル穴 1 1 b の壁面）が当初レジストで形成したテーパを有する壁面（レジストパターン 7）と同じ形状になる。

なお、レジストパターン 7 と第 2 ノズル層 2 のエッチレートとが概ね等しいことから、レジストパターン 7 の厚さは第 2 ノズル層 2 の厚さより厚く形成することが望ましい。  
10

次に、第 4 の工程に連続して、第 1 ノズル層 1 に第 1 ノズル穴 1 1 a を加工するエッチングを行う（第 5 の工程、図 3（e）参照）。このとき第 1 ノズル穴 1 1 a は、先の工程で加工したストッパ層 3 の開口部 1 1 a<sub>1</sub> によって決定される形状（略円形であり、口径が 3 μm）に加工される。このとき、ストッパ層 3 は本工程の酸素を主成分とするドライエッチングではほとんどエッチングされないので、ストッパ層 3 に形成されたパターンが変化することなく、第 1 ノズル穴 1 1 a は図 3（e）に示すようにほぼ垂直に加工され、これによって第 1 ノズル穴 1 1 a を高い精度で形成することができる。  
15

次に、上記レジストパターン 7 をレジスト剥離液を用いて除去し、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層 5 のみをエッチングすることで、ノズルプレート 8 を基板 6 からとりはずす（図 3（f））。先に述べたように、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 を形成するポリイミド樹脂やストッパ層 3 を形成する Ti は、上記犠牲層 5 のエッチング液によ  
20

ってほとんどエッチングされることがないので、犠牲層 5 のエッチングによって、形状の変化や構造的信頼性の低下を招来することがない。

次に、第 1 ノズル層 1 の表面に撥液膜 4 を形成する (図 3 (g))。ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨でフッ素重合体を用い、これをスタンプなどの方法により第 1 ノズル層 1 の表面に塗布し、高分子膜にて撥液膜 4 を形成した。なお、第 1 ノズル穴 1 1 a 内に回り込んだ撥液膜については、撥液膜形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第 2 ノズル穴 1 1 b 側からドライエッチングすることで、これを除去した。これにより、ノズルプレート 8 のダメージを最小限にすることができる。

本実施の形態によれば、第 1 ノズル穴 1 1 a をエッチングする際、ストッパ層 3 をマスク (遮蔽層) として、第 1 ノズル穴 1 1 a をエッチングするため、第 1 ノズル穴 1 1 a を高精度に形成できる。

また、第 2 ノズル層 2 をエッチングする際、ストッパ層 3 で自動的にエッチングがとまり、第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチング深さを規定することができる。

また、ストッパ層 3 の材料に、第 1 ノズル穴 1 1 a のエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第 1 ノズル穴 1 1 a の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第 1 ノズル穴 1 1 a をより高精度に形成することができる。また、第 1 ノズル層 1 あるいは第 2 ノズル層 2 を薄く形成できるため、第 1 ノズル穴 1 1 a および第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチングの際、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング量が少なくすみ、形成誤差が小さくなる。したがって、ノズル穴 1 1 を高い精度で形成できる。

具体的には、本実施の形態の工程を用いて作成した 200 個の液体吐

出口 9 を有するノズルプレート 8 の各液体吐出口 9 の形状を評価したところ、ばらつきは  $\pm 0.2 \mu\text{m}$  と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート 8 の反りも  $10 \mu\text{m}$  以下と非常に平坦であった。

さらに、第 1 ノズル穴 11 a および第 2 ノズル穴 11 b をエッチングする際、ストッパ層 3 に対して 1 方向からエッチングを行うため、従来の方法のように、向かい合うように 2 方向からエッチングを行う場合に比較して、第 1 ノズル穴 11 a と第 2 ノズル穴 11 b の位置あわせが容易である。

さらに、第 1 ノズル穴 11 a および第 2 ノズル穴 11 b の形成工程（第 4 工程および第 5 工程）において、第 4 工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第 5 工程のエッチングを行うことができる。これにより、製造プロセスを簡略化できる。

なお、本実施の形態では、犠牲層 5 として Ni、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 としてポリイミド樹脂、ストッパ層 3 として Ti を用いたが、この組み合わせに限定されない。

犠牲層 5 には、Ni のほかに、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2、ストッパ層 3 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいは KOH 水溶液に可溶な材料、またはポリイミドのような酸素プラズマによってエッチングできる材料を用いることができる。また、犠牲層 5 の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 には、犠牲層 5 のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。また、ストッパ層 3 には、

犠牲層 5 のエッチングおよび第 1 ノズル穴 1 1 a および第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

ここで、表 1 に、使用材料（犠牲層、第 1 ノズル層、ストッパ層、第 2 ノズル層）および加工方法（ストッパ層、第 1 ノズル穴、第 2 ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

表 1

層構成				加工方法			
犠牲層	第 1 ノズル層	ストッパ層	第 2 ノズル層	ストッパ層の加工方法	第 1 ノズル穴の加工方法	第 2 ノズル穴の加工方法	犠牲層除去
Ni, Al, Cu	ポリイミド	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Arドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	ポリイミド	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Arドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	硝酸
ポリイミド	SiO <sub>2</sub> , Si	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	ArドライエッチまたはClドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチまたはSF <sub>6</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> プラズマエッチ

表 1 に示すように、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 はポリイミド樹脂のような高分子有機材料に限定されず、Si または SiO<sub>2</sub> などの無機シリコン化合物を選択することができる。ただし、SiO<sub>2</sub> や Si をドライエッチングするためには、F を含有する反応ガスを使用する必要があり、このエッチングに対して本実施の形態で用いた Ti は耐性が低いため、Au などのエッチング耐性を有する材料をストッパ層 3 として利用することが望ましい。

また、ストッパ層 3 にも、Ti 以外に、表 1 に示す組み合わせに応じ



て、同表に記載の材料を使用することができる。なお、ストップ層 3 の材料である T i は C F<sub>4</sub> と酸素の混合ガスを用いたプラズマでもエッチングすることができる。しかし、T i の下に形成された第 1 ノズル層 1 (ポリイミド) が、上記ガスのプラズマによって T i よりも高速にエッチングされ、大きなダメージを受ける。したがって、本実施の形態ではストップ層 3 のパターニングには A r イオンによるドライエッチング法を採用している。このように、ストップ層 3 のエッチレートと第 1 ノズル層 1 のエッチレートとの差が少ない A r イオンによるドライエッチング法を採用することで、第 1 ノズル層 1 のダメージを最小限に抑えつつストップ層 3 をパターニングすることができる。

また工程 2 において、上記ストップ層 3 は正方形形状に形成したがこれに限定されない。第 2 ノズル穴 1 1 b を形成する際、該第 2 ノズル穴 1 1 b がストップ層 3 に到達し、エッチングの進行が止まるような形状および大きさであれば何でもよい。ただし、ストップ層 3 の応力によるノズルプレート 8 の反りをより低減できるような形状および大きさ (必要最小限の大きさ) であることが望ましい。

さらに、工程 2 においては、ストップ層 3 の形状と第 1 ノズル穴 1 1 a の形成パターンとなる開口部 1 1 a<sub>1</sub> を同時に作成したが、2 回のエッチング工程によって作成することも可能である。さらに、工程 2 では、図 4 に示すように、ノズル穴加工パターン (開口部 1 1 a<sub>1</sub> を有するストップ層 3) の作成時に、第 1 ノズル穴 1 1 a を加工することもできる。ただしこの場合は、第 2 ノズル層 2 を形成する際に (工程 3)、先に加工した開口部 1 1 a<sub>1</sub> が埋められてしまうため、工程 5 において、再度当該部位を加工する。

また、工程 4 においては、第 2 ノズル穴 1 1 b を加工する際のマスク材とエッチング条件を適正化し、図 8 (a) ~ 図 8 (c) に示すように、側壁に膨らみ (曲面) をもった第 2 ノズル穴 1 1 b を形成することもできる。

- 5       すなわち、に示すように第 2 ノズル層 2 上に酸素のプラズマエッチに対する耐性の高い  $\text{SiO}_2$  などをマスク 1 3 として形成し (図 8 (a) 参照)、酸素のプラズマエッチを高いガス圧たとえば 500 mTorr でエッチングする (図 8 (b) 参照)。これにより、マスク 1 3 の下にも、アンダーカットが生じ、ふくらみのあるテーパーを形成することができる (図 8 (c) 参照)。
- 10

ただし、上記エッチングがオーバーエッチングになると、第 2 ノズル穴 1 1 b とストッパ層 3 の接触部において第 2 ノズル穴 1 1 b の口径  $d$  が広がり、大面積のストッパ層 3 が必要となるため、上記エッチングを適性に制御することが好ましい。

- 15       また、撥液膜 4 としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC (ダイヤモンドライクカーボン) などを用いることもできる。

以上の加工工程を用いることによって、

- (1) 第 1 ノズル穴 1 1 a をストッパ層 3 の開口部 1 1 a<sub>1</sub> をマスクとして選択性の高い加工手段で加工するため、加工中の開口部 1 1 a<sub>1</sub> 形状の変化が少なく、オーバーエッチや第 1 ノズル層 1 の厚さのばらつきなどによる、第 1 ノズル穴 1 1 a の加工形状の変動が少なく、形状精度
- 20
- が高く再現性のよい加工を行うことができる。

(2) 上記第 2 ノズル穴 1 1 b を上記ストッパ層 3 に対して選択性の高

い加工手段によって加工するため、第2ノズル穴11bの加工を再現性よくストッパ層3で止めることができる。このため、第2ノズル穴11bの加工精度が第1ノズル穴11aの加工精度に及ぼす影響が軽微であり、液体吐出口9の形状精度が高く、層厚の厚いノズルプレート8を安定して製造することができる。

#### 〔実施の形態2〕

本発明の実施の形態2について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

#### （ノズルプレート）

図5（a）は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図5（b）は、図5（a）のB-B'矢視断面図である。ノズルプレートには1個以上の液体（液状物質）吐出口90が形成されており、図5（a）においては2個の液体吐出口90が示されている。

図5（a）に示すように、ノズルプレート80は、ノズル層10、ストッパ層30（遮蔽層）、補強板20、ノズル穴110を備えている。ノズル層10の液体吐出面側には撥液膜40が形成され、その反対側には補強板20が接合されている。ストッパ層30は、ノズル層10と補強板20の界面に位置し、上記液体吐出口90を開口部とする第1ノズル穴110aの形成位置に局所的に形成されている。すなわち、第1ノズル穴110aは、撥液膜40、ノズル層10を貫通し、局所的に形成されたストッパ層30の中心部を貫通している。

また、直方体形状の第2ノズル穴110bは、補強板20を貫通しており、円筒形状の上記第1ノズル穴110aとともにノズル穴110を

構成する。

ここで、上記ストップ層 30 は、ノズル層 10 と補強板 20 との界面において第 2 ノズル穴 110b の内部（開口範囲内）に位置している。

したがって、上記第 2 ノズル穴 110b の開口部にあたる底面（略正方形）が液体供給口 120 となっており、第 2 ノズル穴 110b の奥壁にあたる底面 110y（略正方形）の内側に、ノズル層 10 とストップ層 30 との接触面（穴付略正方形）が位置している。なお、この接触面の内側（中心部）には、第 1 ノズル穴 110a と第 2 ノズル穴 110b との連通部 110x（略円形）が位置している。

ノズル層 10 は、本実施の形態では厚さが  $1\ \mu\text{m}$  のポリイミド膜で形成されている。

ストップ層 30 は、Ti を主成分とする金属材料が用いられ、ノズルプレート 80 全体の応力による反りを低減するため、1 辺  $10\ \mu\text{m}$  の略正方形形状に形成されている。

第 1 ノズル穴 110a の開口部（液体吐出口 90）の口径は  $3\ \mu\text{m}$  となっている。

撥液膜 40 は、フッ素重合体を有する高分子材料から形成されている。

補強板 20 は厚さ  $50\ \mu\text{m}$  の Si からなり、上記した略正方形の第 2 ノズル穴 110b の開口部（液体供給口 120）は、一辺が  $30\ \mu\text{m}$  となっている。

本実施の形態によれば、ストップ層 30 は、後述する第 1 ノズル穴 110a のエッチング時に遮蔽層となれば足りることから、第 2 ノズル穴 110b の内部に位置するよう、小さい形状にて形成されている。

このように、ノズル層 10 とストップ層 30 との接触面を最小限にす

ることができ、加えて、補強板 20 とストッパ層 30 との接触面をなく  
すことができるため、ノズル層 10 および補強板 20 とストッパ層 30  
との線膨張率の差に起因する応力の発生を、従来や実施の形態 1 の構成  
に比較して大幅に抑制することができる。これにより、ノズルプレート  
5 80 に大きな反りが発生することを防止できる。

なお、ノズル層 10 に用いられる材料はポリイミドに限定されない。  
ポリイミド以外の高分子有機材料であっても良いし、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$   
といった Si 化合物材料、あるいは Si であっても良い。

また、ストッパ層 30 に用いる材料も Ti を主成分とする金属材料に  
10 限定されない。ノズル層 10 のエッチングおよび後述する犠牲層 50 の  
エッチングの際、当該エッチングに対して高い耐性を有する材料、すな  
わち、酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ、硝酸、水  
酸化カリウム水溶液等に耐性の高い材料であればよい。具体的には、T  
i、Al、Cu、Au、Pt、Ta、W、Nb、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、S  
15  $\text{i}_3\text{N}_4$  等を主成分とする金属材料あるいは無機酸化物材料や無機窒化物  
材料等が挙げられる。

また、補強板 20 に用いられる材料も Si に限定されない。 $\text{SiO}_2$ 、  
 $\text{Si}_3\text{N}_4$  といった Si 化合物材料であっても良い。

また、ストッパ層 30 の形状もノズル穴 110 の形成位置に局在する  
20 形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形  
であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方  
的となり好ましい。また、図 5 (a) に示すように、本実施の形態では  
1 個のストッパ層 30 に対して 1 個のノズル穴 110 が形成されている  
がこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれ

ば、1個のストッパ層30に複数個のノズル穴110を形成しても良い。

また、補強板20に設けられた第2ノズル穴110bも直方体形状(断面が正方形形状)に限定されない。円筒形状やテーパ形状(円錐台形状)であっても良い。

5      上記のように、ノズルプレート80をノズル層10、ストッパ層30、補強板20を備える構成にすることによって、

(1) 液体吐出口90の形状を、厚さ1 $\mu$ mのノズル層10の加工精度が支配するため、液体吐出口120の形状精度を向上することができる。

10      (2) ノズルプレート80の剛性は補強板20で維持できるため、ノズルプレート80全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。

(3) ストッパ層30の形状をさらに小さくすることができるので、応力によるノズルプレート80の反りを低減することができる。

15      (4) ノズルプレート80の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート80の液体流入口120を小さくすることができ、これによってノズル穴110の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。

20      (5) また、ストッパ層30は補強板20に形成された第2ノズル穴110bの形状に影響を受けることなく、必要最低限の所定の形状に加工できるため、線膨張率の差によるノズルプレート80の反りをさらに低減することができる。

(6) ノズルプレート80は、ストッパ層30がノズル層10よりも薄く設定されているため、前記ストッパ層30をフォトリソグラフィ技術を用いてエッチング加工を行う際、ストッパ層30を用いることなくノズル層10を直接フォトリソグラフィ技術を用いて加工する場合に比べ、

加工の形状精度が高く、このストッパ層 30 をマスクとしてエッチング選択性の高い加工方法でノズル層 10 を加工することができるので、吐出される液滴の大きさを制御する第 1 ノズル穴 110a を高精度で形成することができる。

## 5 (ノズルプレートの製造方法)

図 6 (a) ~ 図 6 (g) は、本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を示している。以下に、同図を用いて本実施の形態にかかるノズルプレートの製造方法を説明する。

まず、Si やガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板  
10 60 に、犠牲層 50 を、Ni を用いた湿式鍍金によって形成する (図 6 (a))。犠牲層 50 の厚さは  $10 \mu\text{m}$  とする。

次に、上記犠牲層 50 の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ  $1 \mu\text{m}$  で成膜し、ノズル層 10 を形成する (図 6 (b))。ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は犠牲層 50 上にスピコートによって塗布し、 $350^\circ\text{C}$   
15 で 2 時間焼成した。

次に、上記ノズル層 10 上に、ストッパ層 30 (遮蔽層) を形成する (図 6 (c))。まず、Ti を主成分とする材料を用い、スパッタ法にて厚さ  $5000 \text{ \AA}$  のストッパ層 30 を形成する。そして、このストッパ層 30 を、フォトリソグラフィにより所定の形状のレジストパターンを形成した後、イオンミリングのような Ar イオンによるドライエッチング  
20 によって一辺  $10 \mu\text{m}$  の略正方形形状に加工する。このドライエッチングの際に、上記略正方形の内部に口径  $3 \mu\text{m}$  の開口部 110a<sub>1</sub> を 1 個形成する。この開口部 110a<sub>1</sub> は後述する第 1 ノズル穴 110a の形成パターンであり、第 1 ノズル穴 110a の一部となる。

次に、上記ストップ層 30 の開口部 110 a<sub>1</sub> に対応するパターンを有するレジストパターン 70 を形成する。すなわち、レジストパターン 70 の開口部 70 a にストップ層 30 の開口部 110 a<sub>1</sub> が位置するように形成される。しかる後に、ストップ層 30 をマスクとして、その開口部 110 a<sub>1</sub> からノズル層 10 をエッチングし、第 1 ノズル穴 110 a を形成する。このエッチングには、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングによる。(図 6 (d))。

続いて、レジスト 70 を剥離液などを用いて除去する。ここで、ストップ層 30 は本工程の酸素を主成分とするドライエッチングではほとんどエッチングされないので、ストップ層 30 に形成されたパターンが変化することなく、第 1 ノズル穴 110 a は図 6 (d) に示すようにほぼ垂直に加工される。

このため、オーバーエッチによる加工形状の変化がなく、フォトリソグラフィのパターン精度に近い  $\pm 0.1 \mu\text{m}$  の極めて高い加工精度で第 1 ノズル穴 110 a を形成することができる。また、上記レジスト 70 の厚さは、上記ノズル層 10 の厚さよりも大きいことが望ましく、本実施の形態では上記レジスト厚を  $2 \mu\text{m}$  とした。

次に、一辺  $15 \mu\text{m}$  の直方体形状の第 2 ノズル穴 110 b を有する補強板 20 を、第 2 ノズル穴 110 b 内に上記ストップ層 30 が配置するように位置決めして接着する(図 6 (e) 参照)。ここでは各部材(ノズル層 10 と補強板 20)の接着面をカメラ等で観察し、観察位置から上記各部材を所定量移動し、機械的に接合する方法を用いた。

図 10 (a) はこの方法における、位置決め(アライメントフェイズ)を示し、図 10 (b) は接合(接合フェイズ)を示している。



まず、図 10 (a) に示すように、補強板位置測定エリア 65 において、カメラ 61 によって補強板 20 の接合面を観察し、第 2 ノズル穴 10b の輪郭パターンを測定する。同様に、ノズル層位置測定エリア 67 において、カメラ 62 によってノズル層 10 の接合面を観察し、ストッパー層 30 の輪郭パターンを測定する。

次に、図 10 (b) に示すように、上記測定結果からノズル層 10 および補強板 20 の適正移動量を算出し、この適正移動量に従い上記ノズル層 10 と補強板 20 とを接合エリア 66 における適性位置に移動させる (アライメントフェイズ)。

そして、接合エリア 66 において、接合面をリアルタイムで観察することなく上下に圧着し、補強板 20 とノズル層 10 とを接合する。

なお、補強板 20 は Si からなり、接着剤には、耐薬品性の高いエポキシ系を用いる。接着の際には、接着剤とノズル層 10 あるいは補強板 20 の線膨張係数の差から、ノズルプレート 80 に反りが発生しないよう、常温にて硬化することが望ましい。

次に、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層 50 のみをエッチングすることで、ノズルプレート 80 を基板 60 からとりはずす (図 6 (f) 参照)。このとき、ノズル層 10 を形成するポリイミド樹脂やストッパー層 30 を形成する Ti ならびに補強板 20 を形成する Si は、上記犠牲層 50 のエッチング液によってほとんどエッチングされない。このため、犠牲層 50 のエッチングによって、形状の変化や構造的信頼性の低下を招来することがない。

次に、ノズル層 10 の表面に撥液膜 40 を形成する (図 6 (g))。ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨によりフッ素重合体を用い、これ

をスタンプなどの方法でノズル層 10 の表面に塗布することで、高分子膜にて撥液膜 40 を形成した。なお、第 1 ノズル穴 110 a 内に回り込んだ撥液膜 40 については、撥液膜 40 形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第 2 ノズル穴 110 b 側からドライエッチングすることで、これを除去した。これにより、ノズルプレート 80 のダメージを最小限にすることができる。

ここで補強板 20 の製造方法について図 7 を用いて簡単に説明する。

まず、図中矢印 D 方向の厚さ  $200\text{ }\mu\text{m}$  の Si 基板 31 に、第 2 ノズル穴 110 b となる幅  $15\text{ }\mu\text{m}$ 、深さ  $15\text{ }\mu\text{m}$  の溝をダイシング装置によって所定の間隔に形成する。次に、矢印 D 方向の厚さ  $100\text{ }\mu\text{m}$  の Si 基板 32 を上記溝を加工した Si 基板 31 の溝を配設した面 33 にエポキシ系の接着剤を用いて接合する。次に、ダイシング装置によって溝に直交する方向（図中矢印 D 方向）に切断する。これにより、図中矢印 E 方向に沿った、第 2 ノズル穴 110 b（断面が一辺  $15\text{ }\mu\text{m}$  の略正方形）の列を 1 列有する、矢印 F 方向の厚さ  $50\text{ }\mu\text{m}$  の補強板 20 を複数枚切り出すことができる。

ここで、上記方法は補強板 20 の製造方法の単なる一例に過ぎず、例えば、図中矢印 E 方向に沿った第 2 ノズル穴 110 b（断面が一辺  $15\text{ }\mu\text{m}$  の略正方形）の列を図中矢印 D 方向に複数列有する補強板 20 を製造することもできる。この場合、溝を加工した Si 基板 31 を複数枚用いればよい。なお、溝を加工した上記 Si 基板 31 を複数枚用い、溝の位置あるいは接合位置を調整すれば、千鳥配列された第 2 ノズル穴 110 b を形成することもできる。

本実施の形態によれば、ストッパ層 30 は第 1 ノズル穴 110 a のエ

ッティング時に遮蔽層（マスク）となる大きさであればよい。よって、ストップ層 30 を実施の形態 1 に比較して、より小さい形状にて形成することができる。

また、補強板 20 とノズル層 10 とを別個に形成できるため、ノズル  
5 プレート 80 を簡略に、また、安定して製造することができる。

以上のプロセスを用いて作成した 200 個の液体吐出口 90 を有するノズルプレート 80 の各吐出口の形状を評価したところ、ばらつきは  $\pm 0.2 \mu\text{m}$  と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート 80 の反りも  $5 \mu\text{m}$  以下と非常に平坦であった。

10 なお、本実施の形態では、犠牲層 50 に Ni、ノズル層 10 にポリイミド樹脂、補強板 20 に Si、ストップ層 30 に Ti を用いたが、この組み合わせに限定されない。

犠牲層 50 には、Ni のほかに、ノズル層 10、補強板 20、ストップ  
15 層 30 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいは KOH 水溶液に可溶な材料、またはポリイミドのような酸素プラズマによってエッチングできる材料を用いることができる。また、犠牲層 50 の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

ノズル層 10、補強板 20 には、犠牲層 50 のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。また、ストップ層 30 には、  
20 犠牲層 50 のエッチングおよび第 1 ノズル穴 110a のエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

ここで、表 2 に使用材料（犠牲層、ノズル層、ストップ層、補強板）および加工方法（ストップ層、第 1 ノズル穴、犠牲層除去）について好

ましい組み合わせを示す。

表 2

層構成				加工方法		
犠牲層	ノズル層	ストッパ層	補強板	ストッパ層の加工方法	第1ノズル穴の加工方法	犠牲層除去
Ni, Al, Cu	ポリイミド	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス, ポリイミド	Arドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	硝酸
Ni, Al, Cu	SiO <sub>2</sub>	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス, ポリイミド	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	硝酸
ポリイミド	SiO <sub>2</sub>	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス	ArドライエッチまたはClドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> プラズマエッチ
ポリイミド	Si	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Si, ガラス, セラミックス	ArドライエッチまたはClドライエッチ	SF <sub>6</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> プラズマエッチ

表 2 に示すように、ノズル層 10 はポリイミド樹脂のような高分子有機材料に限定されず、Si または SiO<sub>2</sub> などの無機シリコン化合物を用いることができる。また、補強板 20 についても、Si 以外にガラスや Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> などを主成分とするセラミックあるいはポリイミド樹脂といった材料を使用することができる。

なお、ストッパ層 30 の材料である Ti は CF<sub>4</sub> と酸素の混合ガスを用いたプラズマでもエッチングすることができる。しかし、Ti の下に形成されたノズル層 10 (ポリイミド) が、上記ガスのプラズマによって Ti よりも高速にエッチングされ、大きなダメージを受ける。したがって、本実施の形態ではストッパ層 30 のパターニングには Ar イオンによるドライエッチング法を採用している。このように、ストッパ層 3

0およびノズル層10とのエッチレートの差が少ないArイオンによるドライエッチング法を採用することで、ノズル層10のダメージを最小限に抑えつつストッパ層30をパターニングすることができる。

5       また、撥液膜40としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などを用いることもできる。

      また、本実施の形態では補強板20は、Si板に第2ノズル穴110bを加工しただけであるが、補強板20の厚さを変更することによって、液滴吐出機構や液滴吐出信号伝達手段を配置することが可能である。

10       以上の加工工程を用いることによって、

      (1) 液体吐出口90の形状を、厚さ1 $\mu$ mのノズル層10の加工精度が支配するため、液体吐出口90の形状精度を向上することができる。

      (2) ノズルプレート80の剛性は補強板20で維持できるため、ノズルプレート80全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。

15       (3) ストッパ層30の形状をさらに小さくすることができるので、応力によるノズルプレート80の反りを低減することができる。

      (4) ノズルプレート80の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート80の液体流入口120を小さくすることができ、これによってノズル穴110の集積度を向上することができる。これに伴って解像度の高い画像を描画することができるようになる。

20       (5) ノズルプレート80を簡便に、安定して製造することができる。

      なお、上記実施の形態のノズルプレート8(80)は、上記ストッパ層3(30)の膜厚が第1ノズル層1(ノズル層10)よりも薄いことを特徴とすることもできる。

上記構成のノズルプレート 8 (80) は、ストッパ層 3 (30) が第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) よりも薄く設定されているため、前記ストッパ層 3 (30) をフォトリソグラフィ技術を用いてエッチング加工を行う際、ストッパ層 3 (30) を用いることなく第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) を直接フォトリソグラフィ技術を用いて加工する場合に比べ、加工の形状精度が高く、このストッパ層 3 (30) をマスクとしてエッチング選択性の高い加工方法で第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) を加工することができるので、吐出される液滴の大きさを制御する第 1 ノズル穴 11a (110a) を高精度で形成することができる。

なお、上記実施の形態のノズルプレート 8 は、第 1 ノズル層 1 または第 2 ノズル層 2 は、高分子有機材料または Si あるいは無機シリコン化合物から選定される材料によってそれぞれ形成され、上記ストッパ層 3 は第 1 ノズル層 1 または第 2 ノズル層 2 の加工手段に対して、耐性の高い材料によって形成されることを特徴とすることもできる。

上記構成のノズルプレート 8 は、第 1 ノズル穴 11a がストッパ層 3 を貫通する形状で第 1 ノズル層 1 に形成されているため、第 1 ノズル穴 11a の形状精度が高い。また、第 2 ノズル層 2 に形成された第 2 ノズル穴 11b がストッパ層 3 を貫通することがないので第 1 ノズル層 1 の厚さが一定で、流路抵抗のばらつきがない。

なお、上記実施の形態におけるノズルプレート 8 (80) の製造方法は、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) を添着する工程と、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 10) 上にストッパ層 3 (30) を形成する工程と、ストッパ層 3 (30) に開口部を形成する工程と、ストッパ層 3 (30) に形成した開口部形状をマスクとして、第 1 ノズル穴 11a (110a)

を加工する工程と、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 1 0) と支持基板を離間する工程を備えることもできる。

上記構成のノズルプレート 8 (8 0) の製造方法では、第 1 ノズル穴 1 1 a (1 1 0 a) のマスクとなるストッパ層 3 (3 0) の開口部を作成する際、第 1 ノズル層 1 (ノズル層 1 0) が支持基板によって支持されているため、上記開口部の加工を精度よく行うことができ、このためこの開口部をマスクとして加工する第 1 ノズル穴 1 1 a (1 1 0 a) が高精度に形成される。

なお、上記実施の形態におけるノズルプレートの製造方法は、上記第 1 ノズル穴 1 1 a または第 2 ノズル穴 1 1 b の加工をドライエッチングを用いて行うことを特徴とすることもできる。

上記構成のノズルプレート 8 の製造方法では、高い異方性を有するエッチングで第 1 ノズル穴 1 1 a 又は第 2 ノズル穴 1 1 b を加工するため、第 1 ノズル穴 1 1 a または第 2 ノズル穴 1 1 b を高い加工精度で加工することができる。

また、上述したすべての実施の形態を通して、上記遮蔽層は液滴吐出信号伝達手段を兼ねることができる。

さらに、本発明にかかるノズルプレートは、バブルジェット（登録商標）方式、圧電吐出方式、静電吐出方式のいずれの方式のインクジェットにおいても適用可能である。

本発明は上述した各実施の形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施の形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

## 〔実施の形態 3〕

本発明の実施の形態 3 について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

## (ノズルプレート)

5 図 1 1 (a) は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図 1 1 (b) は、図 1 1 (a) の A-A' 矢視断面図である。ノズルプレート 8 には 1 個以上の液状物質の吐出口 (開口部または第 1 開口部) (以下、吐出口と称する) 1 1 c が形成されており、図 1 1 (a) においては 2 個の吐出口 1 1 c が示されている。

10 図 1 1 (a)・図 1 1 (b) に示すように、ノズルプレート 8 の液状物質吐出側には撥液膜 4 を有する第 1 ノズル層 1、液状物質供給側には第 2 ノズル層 2 が形成され、この第 1 ノズル層 1 内に吐出層 1 4、第 2 ノズル層 2 内にストッパ層 3 (遮蔽層) が形成され、これら (撥液膜 4、吐出層 1 4、第 1 ノズル層 1、ストッパ層 3、第 2 ノズル層 2) を貫くようにノズル穴 1 1 が形成されている。

より具体的には、ノズルプレート 8 の液状物質吐出面には撥液膜 4 が形成され、撥液膜 4 と接するように第 1 ノズル層 1 が形成されている。吐出層 1 4 は第 1 ノズル層 1 層内にて局所的に形成され、さらに第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 側の面と吐出層 1 4 の撥液膜 4 側の面とは面一状に形成されている。第 2 ノズル層 2 は、その片面が第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 形成面の反対側の面に接するように形成されている。ストッパ層 3 は第 2 ノズル層 2 層内にて、その片面が第 1 ノズル層 1 と接するように局所的に形成されている。



また、撥液膜 4、吐出層 1 4、第 1 ノズル層 1、および第 2 ノズル層 2 を貫通するノズル穴 1 1 は、撥液膜 4、吐出層 1 4、第 1 ノズル層 1 およびストッパ層 3 の貫通部である第 1 ノズル穴 1 1 a と、第 2 ノズル層 2 の貫通部である第 2 ノズル穴 1 1 b から構成される。さらに第 1 ノズル穴 1 1 a は、撥液膜 4 および吐出層 1 4 の貫通部である吐出口 1 1 c と、第 1 ノズル層 1 およびストッパ層 3 の貫通部である第 1 ノズル穴部 1 1 d からなる。

換言すれば、吐出層 1 4 は、第 1 ノズル層 1 内にて、撥液膜 4 と第 1 ノズル層 1 との界面に位置し、撥液膜 4 に接するとともに、吐出口 1 1 c の形成位置に局所的に形成されていることになり、また、ストッパ層 3 は、第 2 ノズル層 2 内にて、第 1 ノズル層 1 と第 2 ノズル層 2 との界面に位置し、第 1 ノズル層 1 に接するとともに、第 1 ノズル穴部 1 1 d の形成位置に局所的に形成されていることになる。

そして、ノズルプレート 8 の裏面（撥液膜 4 形成面の反対側の面）に形成された第 2 ノズル穴 1 1 b の入口開口部から供給された液状物質が第 2 ノズル穴 1 1 b および第 1 ノズル穴部 1 1 d を介して吐出口 1 1 c から例えば、液滴として吐出される。なお、液状物質の吐出時の形状は、液滴形状に限定されない。

ここで、吐出口 1 1 c および第 1 ノズル穴部 1 1 d は、図 1 1 (a) に示すように、ともに円筒形状を有しており、第 2 ノズル穴 1 1 b は、第 1 ノズル穴部 1 1 d との連通部から裾広がりに拡開するテーパ形状（円錐台形状）である。

さらに、円筒形状の第 1 ノズル穴部 1 1 d の上底 1 1 α は、略吐出口 1 1 c を中心とする円環形状であり、吐出層 1 4 が当該上底 1 1 α を成

して露出している。したがって吐出口 1 1 c と第 1 ノズル穴部 1 1 d との連通部 1 1  $\beta$  (略円形) の口径は、第 1 ノズル穴部 1 1 d の上底 1 1  $\alpha$  の外口径 (上記連通部 1 1  $\beta$  における第 1 ノズル穴部 1 1 d の外形) より小さい。

- 5        さらに、円錐台形状の第 2 ノズル穴 1 1 b の上底 1 1 y は、略第 1 ノズル穴部 1 1 d を中心とする円環形状であり、ストッパ層 3 が当該上底 1 1 y を成して露出している。したがって第 1 ノズル穴部 1 1 d と第 2 ノズル穴 1 1 b の連通部 1 1 x (略円形) の口径は、第 2 ノズル穴 1 1 b の上底 1 1 y の外口径 (上記連通部 1 1 x における第 2 ノズル穴 1 1 b の外形) より小さい。
- 10

以下、各部のサイズや材質の具体例を説明するが、本発明がその具体例に限定されるものではない。

- 吐出層 1 4 には Ti を主成分とする 0.5  $\mu$ m の Ti 膜が用いられている。また、第 1 ノズル層 1 には厚さが約 1  $\mu$ m のポリイミド膜が用いられ、第 2 ノズル層 2 には厚さが約 20  $\mu$ m のポリイミド膜が用いられている。
- 15

ストッパ層 3 は Ti を主成分とする金属材料からなりノズルプレート 8 全体の応力による反りを低減するため、1 辺約 20  $\mu$ m の略正方形形状となっている。

- 20        第 1 ノズル穴 1 1 a の開口部にあたる吐出口 1 1 c の口径は約 3  $\mu$ m である。また、第 2 ノズル穴 1 1 b の上底 1 1 y の外口径は 10  $\mu$ m であり、入口開口部 (液体流入口 1 2) の口径は 30  $\mu$ m である。

また、吐出層 1 4 および第 1 ノズル層 1 上の撥液膜 4 は、厚さが約 0.05  $\mu$ m のフッ素重合もしくはシリコン系の高分子膜により形成されて

いる。上記撥液膜 4 は、後述するように吐出口 1 1 c に回り込んだ余分な領域が、ドライエッチによって除去されるが、このドライエッチによって吐出口 1 1 c の形状が大幅に変形しないように、その膜厚は吐出口 1 1 c の膜厚より薄いことが望ましい。

- 5       本実施の形態によれば、着弾精度に大きな影響を与えるノズルプレート 8 の吐出口 1 1 c の形状が、上記  $0.5 \mu\text{m}$  の Ti 膜の加工精度で決定されるので、該吐出口 1 1 c の加工精度が非常に高く、これに伴って非常に高い着弾精度を確保することができる。

- 10       一方で、吐出口 1 1 c の加工精度を高めるためには、吐出層 1 4 の膜厚を薄くすればよい。これにより、吐出層 1 4 のエッチング量が小さくなるので、吐出層 1 4 をエッチング剤に曝す時間を短くすることができる。ここで、吐出層 1 4 の膜厚を薄くすることによって、吐出層 1 4 の剛性が低下し、吐出口 1 1 c の構造的な信頼性が減少するおそれがあるが、本実施の形態では、吐出層 1 4 が第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 側の面  
15       に接するように、かつ第 1 ノズル層 1 の内部に形成されているため、吐出層 1 4 が補強されている。したがって、吐出口 1 1 c の構造的信頼性を担保しつつも吐出口 1 1 c の形状精度を向上することができる。

- 20       また、上記ストッパ層 3 はノズル穴 1 1 (第 1 ノズル穴部 1 1 d) の形成位置ごとに局所的に設けられているため、第 1 ノズル層 1 と第 2 ノズル層 2 との界面の全体にわたってストッパ層 3 を形成する構成と比較して、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 とストッパ層 3 との線膨張率の差に起因する応力の発生を大幅に抑制することができ、ノズルプレート 8 に大きな反りが発生することを防止できる。

また、第 2 ノズル穴 1 1 b がテーパ形状であるため、第 2 ノズル穴 1

1 b 内部において、液体の乱流が発生しにくくなり、液状物質の吐出安定性を向上させることができる。

また、撥液膜 4 によって、液状物質が吐出口 1-1 c 近傍の吐出層 1 4 に付着することを防止できる。

5      なお、吐出層 1 4 に用いられる材料は T i を主成分とする金属材料に限定されない。第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング工程および後述する犠牲層 5 (図 1 3 (f) 参照) のエッチングおよび吐出口 1 1 c 内に回り込んだ撥液膜 4 のエッチング工程の際、これらのエッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、エッチングガス (酸素を含有するプラズマ、フッ素を含有するプラズマ等)、または、エッチャント (硝酸、水酸化カリウム水溶液等) に対する耐性の高い材料であればよい。

15      具体的には、T i、A l、C u、C o、F e、N i、A u、P t、T a、W、N b 等を主成分とする金属材料、S i O<sub>2</sub>、A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を主成分とする無機酸化物材料、S i<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、A l N 等を主成分とする無機窒化物材料等が挙げられ、上記エッチングガスあるいはエッチャントとの組み合わせで選択することができる。

20      また、第 1 ノズル層 1 に用いられる材料はポリイミドに限定されない。ポリイミド以外の高分子有機材料であつても良いし、S i O<sub>2</sub>、S i<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といった S i 化合物材料、あるいは S i であつても良い。

また、ストップ層 3 に用いる材料も T i を主成分とする金属材料に限定されない。第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング工程および後述する犠牲層 5 のエッチング工程の際、これらのエッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、エッチングガス (酸素を含有す

るプラズマ、フッ素を含有するプラズマ等)、または、エッチャント(硝酸、水酸化カリウム水溶液等)に対する耐性の高い材料であればよい。

具体的には、Ti、Al、Cu、Co、Fe、Ni、Au、Pt、Ta、W、Nb等を主成分とする金属材料、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を主成分とする無機酸化物材料、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN等を主成分とする無機窒化物材料等が挙げられる。

また、第2ノズル層2に用いられる材料もポリイミドに限定されない。第1ノズル層1と同様に、ポリイミド以外的高分子有機材料であっても良いし、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といったSi化合物材料、あるいはSiであっても良い。

また、吐出層14の形状も吐出口11cの形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。

また、図11(a)に示すように、本実施の形態では1個の吐出層14に対して1個の吐出口11cが形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑えることが可能であれば、1個の吐出層14に複数個の吐出口11cを形成しても良い。

また、ストッパ層3の形状もノズル穴11の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図11(a)に示すように、本実施の形態では1個のストッパ層3に対して1個のノズル穴11(第1ノズル穴部11d)が形成されているがこれに限定されない。従来の構成より応力を抑える

ことが可能であれば、1個のストッパ層3に複数個のノズル穴11（第1ノズル穴部11d）を形成しても良い。

また、本実施の形態では、図11（b）に示すように、吐出口11cの口径が第1ノズル穴部11dの口径よりも、わずかに小さく設定したが、これに限定されず、本発明の目的から考えると、吐出口11cと第1ノズル穴部11dの口径が同一であってもよい。

また、本実施の形態では、図11（b）に示すように、第1ノズル穴部11dと第2ノズル穴11bの連通部11xの口径は、第2ノズル穴11bの上底11yの口径より小さいがこれに限定されない。

上記連通部11xの口径が上記当接部11yの口径と同じであっても構わない。また、本実施の形態では、第2ノズル穴11bは、第1ノズル穴11a（第1ノズル穴部11d）との連通部11xが狭まった円錐台形状（テーパ形状）であるがこれに限定されない。例えば、図12に示すように、第2ノズル穴11bの側壁がストッパ層3と垂直の、いわゆるストレート形状（円筒形状）に形成することもできる。この場合、第2ノズル穴11bの液体流入口12をより小さくすることができ、ノズル11の集積度をさらに高めることができる。さらに、第2ノズル穴11bを、図8（c）に示すような膨らみのあるテーパ形状としてもよい。

以上のように、ノズルプレート8を吐出層14、第1ノズル層1、ストッパ層3、第2ノズル層2を備える構成にすることによって、

（1）吐出口11cの形状を、厚さ0.5 $\mu$ mの吐出層14の加工精度が支配するため、吐出口11cの形状精度を向上することができる。

（2）吐出層14が、撥液膜4のエッチング手段に対して耐性の高い材

料を使用しているため、吐出口 1 1 c 内部に回りこんだ撥液膜 4 を除去する際、吐出口 1 1 c の形状が変化することがなく、製造工程における吐出口 1 1 c の加工精度劣化を防止することができる。

5 (3) 吐出層 1 4 に接して第 1 ノズル層 1 を配置することによって、薄層である吐出層 1 4 の剛性を第 1 ノズル層 1 で保持することができるので、液状物質の吐出に際して吐出口 1 1 c の変形を最小限に抑えることができ、吐出安定性が向上する。

(4) ノズルプレート 8 の剛性は第 2 ノズル層 2 で維持できるため、ノズルプレート 8 全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。

10 (5) ストップ層 3 の形状を必要最小限に設定することができるので、応力によるノズルプレート 8 の反りを低減することができる。

(6) ノズルプレート 8 の厚さを必要最小限にとどめることができるので、ノズルプレート 8 の液体流入口 1 2 を小さくすることができ、これによってノズル穴 1 1 の集積度を向上することができる。これに伴って  
15 解像度の高い画像を描画することができるようになる。

(7) 膜厚の厚い第 2 ノズル層 2 によって補強されているためノズルプレート 8 全体の剛性が高く反りが発生しにくくなるとともに取り扱いが容易になる。

(8) 膜厚の厚い第 2 ノズル層 2 に加工された第 2 ノズル穴 1 1 b の加工精度がたとえ悪くとも、第 2 ノズル穴 1 1 b の加工時にはストップ層  
20 3 でエッチングが止まるため、吐出される液状物質の大きさを制御する吐出口 1 1 c に影響を及ぼすことがない。

(ノズルプレートの製造方法)

次に、本実施の形態にかかるノズルプレートの一製造方法を説明する。

図 1 3 ( a ) ~ 図 1 3 ( g ) は本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を説明する図である。また、図 1 4 は、図 1 3 ( c ) に示される工程の変形例である。

まず、S i やガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板 6 に、犠牲層 5 を、N i を用いた湿式鍍金によって形成する(図 1 3 ( a ) 参照)。犠牲層 5 の厚さは 1 0  $\mu$  m とする。

次に、上記犠牲層 5 上に厚さ 0 . 5  $\mu$  m の T i 膜を蒸着などの方法で成膜し、フォトリソグラフィを用いて 1 辺 7  $\mu$  m の略正方形形状である吐出層 1 4 の外形形状と、口径 2  $\mu$  m である円形の吐出口 1 1 c の形状のレジストパターンを形成する。しかる後に、ドライエッチング法を用いて吐出層 1 4 の外形形状と吐出口 1 1 c となる開口部 1 1 c<sub>1</sub> を同時に加工する (吐出層形成工程)。

上記した、吐出層 1 4 の外形形状および開口部 1 1 c<sub>1</sub> の加工には、C F<sub>4</sub> と酸素の混合ガスを含有するプラズマを用いたドライエッチングを採用した。このエッチング手法においては、T i 膜を高速に、精度良く加工することができるとともに、犠牲層 5 を構成する N i とのエッチング選択性が高いので (N i はほとんどエッチングされない)、上記加工によって犠牲層 5 が大きな損傷を受けることがなく犠牲層 5 表面の平坦性が大幅に劣化することを防止できる。

この結果、犠牲層 5 表面に形成されるノズルプレート 8 の液状物質吐出面の平坦性が劣化することがない。また、上記加工は非常に高い精度が要求されるため、異方性の高いエッチング条件を用いている。

次に、上記犠牲層 5 の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ 1  $\mu$  m で成膜し、第 1 ノズル層 1 を形成する (第 1 ノズル層形成工程、図 1 3 ( b ) )。



ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は犠牲層 5 上にスピンコートによって塗布し、350℃で2時間焼成した。ここで、吐出層 14 に形成された吐出口 11c となる開口部 11c<sub>1</sub> はポリイミド樹脂にて埋められる(11c<sub>2</sub>参照)。

- 5      次に、上記第1ノズル層 1 上に、開口部 11d<sub>1</sub> を有するストッパ層 3 を形成する(遮蔽層形成工程、図 13 (c))。

ここでは、まず、Ti を主成分とする材料を用い、スパッタ法にて厚さ 0.5 μm (5000 Å) のストッパ層 3 を形成する。そして、このストッパ層 3 を、フォトリソグラフィにより所定の形状のレジストパターンを形成した後、イオンミリングのような Ar イオンによるドライエッチングによって一辺 20 μm の略正方形形状に加工する。このドライエッチングの際に、上記略正方形の内部に口径 3 μm の開口部 11d<sub>1</sub> (第2開口部) を1個形成する。この開口部 11d<sub>1</sub> は後述する第1ノズル穴 11a (第1ノズル穴部 11d) の形成パターンであり、第1ノズル穴部 11d の一部となる。

10

15

次に、第2ノズル層 2 を上記第1ノズル層 1 およびストッパ層 3 上に、20 μm の厚さで形成する(第2ノズル穴形成工程、図 13 (d))。

第2ノズル層 2 は、第1ノズル層 1 と同様に塗布型ポリイミド樹脂をスピンコート法にて塗布し、350℃で2時間焼成し 20 μm の厚さとした。これにより、ストッパ層 3 の開口部 11d<sub>1</sub> もポリイミド樹脂にて埋められることになる(11d<sub>2</sub>参照)。

20

次に、上記第2ノズル層 2 上にフォトリソグラフィによってレジストパターン 7 を形成し、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングを行い、第2ノズル層 2 にテーパ形状(円錐台形状)の第2ノズル穴

1 1 b を形成する（第 2 ノズル穴形成工程、図 1 3（e））。

なお、上記ドライエッチングはストッパ層 3 で止めることができる。

すなわち、ストッパ層 3 の上記開口部 1 1 d<sub>1</sub> を除いてストッパ層 3 が露出した部位では、ドライエッチングがそれ以上進行しない。

- 5       第 2 ノズル穴 1 1 b のテーパ形状の加工に際しては、上記エッチングにおいて、レジストパターン 7 のエッチレートと第 2 ノズル層 2 のポリイミド樹脂のエッチレートを概ね等しくし、該レジストパターン 7 を 150℃で 60 分ポストベークすることによってレジストパターン 7 をテーパ形状とし、エッチングによってこの形状を第 2 ノズル層 2 に転写する手法を用いた。
- 10

- すなわち、図 9 に示すように、エッチレートがポリイミド樹脂（第 2 ノズル層 2）と概ね等しくテーパ断面を有するレジストパターン 7 を形成し、ポリイミド樹脂のエッチングと同じスピードでレジストパターン 7 をエッチングし、レジストパターン 7 のエッジを広げる。このときポリイミド樹脂（第 2 ノズル層 2）もエッチングされることになり、エッチングの壁面（第 2 ノズル穴 1 1 b の壁面）が当初レジストで形成したテーパを有する壁面（レジストパターン 7）と同じ形状になる。
- 15

- なお、レジストパターン 7 と第 2 ノズル層 2 のエッチレートとが概ね等しいことから、レジストパターン 7 の厚さは第 2 ノズル層 2 の厚さより厚く形成することが望ましい。
- 20

次に、上記第 2 ノズル穴形成工程に連続して、第 1 ノズル層 1 に第 1 ノズル穴 1 1 a（第 1 ノズル穴部 1 1 d および吐出口 1 1 c）を加工するエッチングを行う（第 1 ノズル穴部形成工程、第 1 除去工程、図 1 3（e）参照）。

このとき、第1ノズル穴11aは、第1ノズル穴部11dが先の工程で加工したストッパ層3の開口部11d<sub>1</sub>によって決定される形状（略円形であり、口径が3 $\mu$ m）に加工され、吐出口11cが吐出層14に形成されたパターン（開口部11c<sub>1</sub>）と同一形状に加工される（すなわち、吐出層14の開口部11c<sub>1</sub>に存在する第1ノズル層1の材料（11c<sub>2</sub>参照）がエッチング除去される）。

ここで、ストッパ層3および吐出層14は当該工程の酸素を主成分とするドライエッチングではほとんどエッチングされない。

したがって、第1ノズル層1はストッパ層3の開口部11d<sub>1</sub>とほぼ同一口径に（ストッパ層3に対してほぼ垂直に）エッチングされ、吐出層14の吐出口11cを除く部位が露出した時点で該ドライエッチングが停止し、第1ノズル穴部11dが形成される。これに続いて、吐出層14の開口部11c<sub>1</sub>に存在する第1ノズル層1の材料（11c<sub>2</sub>参照）がエッチング除去され、吐出口11cが形成される。

次に、上記レジストパターン7をレジスト剥離液を用いて除去し、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層5のみをエッチングすることで、ノズルプレート8を基板6からとりはずす（図13（f））。

先に述べたように、第1ノズル層1、第2ノズル層2を形成するポリイミド樹脂や、ストッパ層3あるいは吐出層14を形成するTiは、上記犠牲層5のエッチング液によってほとんどエッチングされることがないので、犠牲層5のエッチングによって、形状の変化や構造的信頼性の低下を招来することがない。

次に、第1ノズル層1の表面に撥液膜4を形成する（図13（g））。

ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨でフッ素重合体を用い、これ

をスタンプなどの方法により第1ノズル層1の表面に塗布し、高分子膜にて撥液膜4を形成した。なお、第1ノズル穴11a内に回り込んだ撥液膜4については、撥液膜4形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第2ノズル穴11b側からドライエッチングすることで、これを除去した。これにより、ノズルプレート8のダメージを最小限にすることができる。その詳細を以下に説明する。

図17(a)～図17(c)は上記撥液膜4の回り込みを除去する際のドライエッチングプロセスを模式的に説明する図であり、第1ノズル穴11aおよび吐出層14に形成した吐出口11cの拡大図である。

すなわち、ノズルプレート8の液状物質吐出面側に撥液膜4を塗布焼成すると、図17(a)に示すように、撥液膜4の回り込みが第1ノズル穴11a（吐出口11cおよび第1ノズル穴部11d）の内壁面に付着する。このような回り込んだ撥液膜4は第1ノズル穴11a（特に吐出口11c）の形状精度を劣化させる大きな要因となるため除去する必要がある。

本実施の形態では、このように回り込んだ撥液膜4を、酸素含有のプラズマを用いたドライエッチングでエッチング除去するが、このとき第1ノズル層1にポリイミド樹脂などの有機材料を使用していると、図17(b)に示すように、遮蔽層3の下に形成した第1ノズル層1にサイドエッチが生じ、遮蔽層3の下にアンダーカットが生じてしまう。

このとき、図17(c)に示すように吐出層14がない場合には、上記アンダーカットは液状物質吐出面まで到達し、結果として液状物質の吐出口11eの形状を変形させてしまう（点線が本来の形状）。

しかし、本実施の形態においては、酸素含有のプラズマを用いたドラ

イエッチングに対して高い耐性を有する吐出層 1 4 が撥液膜 4 と接するように形成されており、この吐出層 1 4 が吐出口 1 1 c の形状を決定しているため、上記ドライエッチングによって吐出口 1 1 c の形状が変化する（図 1 7 (c) 参照）ことがない。この結果、非常に高精度のノズル穴 1 1 （第 1 ノズル穴 1 1 a）を形成することができる。

なお、本実施の形態の工程を用いて作成した 2 0 0 個の吐出口 1 1 c を有するノズルプレート 8 の各吐出口 1 1 c の形状を評価したところ、ばらつきは  $\pm 0.15 \mu\text{m}$  と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート 8 の反りも  $10 \mu\text{m}$  以下と非常に平坦であった。

本実施の形態によれば、吐出口 1 1 c（開口部 1 1 c<sub>1</sub>）を、厚さ  $0.5 \mu\text{m}$  の吐出層 1 4 に加工するため、吐出口 1 1 c を高精度に形成できる。

また、第 1 ノズル層 1 をエッチングして吐出口 1 1 c を形成する際、吐出層 1 4 は吐出口 1 1 c の形状を画するエッチングストッパとして機能し、エッチングの進行によって吐出口 1 1 c の側壁が露出した時点で確実にかつ正確に該エッチングが停止し、吐出口 1 1 c が形成される。

この結果、吐出口 1 1 c の形状精度は、第 1 ノズル層 1 自体に吐出口 1 1 c を形成した場合（吐出口 1 1 c の形状を画するエッチングストッパが第 1 ノズル層 1 にない場合）に比較して、飛躍的に向上する。

また、第 1 ノズル穴部 1 1 d をエッチングする際、ストッパ層 3 をマスク（遮蔽層）として、第 1 ノズル層 1 をエッチングするため、第 1 ノズル穴部 1 1 d を高精度に形成できる。

また、第 2 ノズル層 2 をエッチングする際、ストッパ層 3 で自動的にエッチングが止まり、第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチング深さを規定する

ことができる。

また、ストッパ層 3 の材料に、第 1 ノズル穴部 1 1 d のエッチング時の遮蔽層として、あるいは、第 1 ノズル穴部 1 1 d の側壁として最適な材料を選択することができる。これにより、第 1 ノズル穴部 1 1 d をより高精度に形成することができる。また、第 1 ノズル層 1 あるいは第 2 ノズル層 2 を薄く形成できるため、第 1 ノズル穴部 1 1 d および第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチングの際、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 のエッチング量が少なくすみ、形成誤差が小さくなる。したがって、ノズル穴 1 1 を高い精度で形成できる。

さらに、第 1 ノズル穴 1 1 a および第 2 ノズル穴 1 1 b をエッチングする際、ストッパ層 3 に対して 1 方向からエッチングを行うため、向かい合うように 2 方向からエッチングを行う場合に比較して、第 1 ノズル穴 1 1 a と第 2 ノズル穴 1 1 b の位置あわせが容易である。

さらに、第 1 ノズル穴部 1 1 d および第 2 ノズル穴 1 1 b の形成工程（第 1 ノズル穴部形成工程、第 2 ノズル穴形成工程）において、第 1 ノズル穴部形成工程におけるエッチング装置およびエッチング液またはエッチングガスをそのまま使って、第 1 ノズル穴部形成工程および第 2 ノズル穴形成工程のエッチングを行うことができる。これにより、製造プロセスを簡略化できる。

なお、本実施の形態では、犠牲層 5 として Ni、第 1 ノズル層 1 および第 2 ノズル層 2 としてポリイミド樹脂、ストッパ層 3 として Ti を用いたが、この組み合わせに限定されない。

犠牲層 5 には、Ni のほかに、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2、ストッパ層 3 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの

硝酸、あるいはKOH水溶液に可溶な材料、またはポリイミドのような酸素プラズマによってエッチングできる材料を用いることができる。また、犠牲層5の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

- 5 第1ノズル層1、第2ノズル層2には、犠牲層5のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。また、吐出層14、ストッパ層3には、犠牲層5のエッチング並びに第1および第2ノズル穴11a・11bのエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。
- 10 ここで、表3に、使用材料（犠牲層、吐出層、第1ノズル層、ストッパ層、第2ノズル層）および加工方法（吐出層、ストッパ層、第1ノズル穴、第2ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

表 3

層構成					加工方法				
犠牲層	吐出層	第1 ノズル層	ストップ層	第2 ノズル層	吐出層 の 加工方法	ストップ 層の加工 方法	第1ノズル 穴の加工 方法	第2ノズル 穴の加工 方法	犠牲層 除去
5 Ni, Al, Cu	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Ti, W, Nb, Au, Pt, SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	CF <sub>4</sub> or Ar	Arドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	硝酸
	Ni, Al, Cu	ポリイミド	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Ar	Arドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ または SF <sub>6</sub> ドライ エッチ	硝酸
10	Ni, Al, Cu	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ポリイミド	Ar	Arドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ または SF <sub>6</sub> ドライ エッチ	O <sub>2</sub> ドライ エッチ 硝酸
	Ni, Al, Cu	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Ar	Arドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ または SF <sub>6</sub> ドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ または SF <sub>6</sub> ドライ エッチ 硝酸
15	ポリイミ ド	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Al, Cu, Ni, Fe, Co, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> , Si	Ar or Cl	Arドライ エッチ または Clドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ または SF <sub>6</sub> ドライ エッチ	CF <sub>4</sub> ドライ エッチ または SF <sub>6</sub> ドライ エッチ O <sub>2</sub> プ ラズマ エッチ

表 3 に示すように、第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 はポリイミド樹脂のような高分子有機材料に限定されず、Si または SiO<sub>2</sub> などの無機シリコン化合物を選択することができる。

ただし、SiO<sub>2</sub> や Si をドライエッチングするためには、F を含有する反応ガスを使用する必要がある、このエッチングに対して本実施の形態で用いた Ti は耐性が低いため、Au、Pt などのエッチング耐性を有する材料を吐出層 1 4 あるいはストップ層 3 として利用することが望ましい。

また、上記 SiO<sub>2</sub> や Si などのシリコン化合物は上述した回り込ん



だ撥液膜 4 を除去するエッチング手段に対して高い耐性を有しているため、第 1 ノズル穴 1 1 a の形状変化を防止でき、吐出口 1 1 c の形状安定性がさらに向上する。

また、吐出層 1 4 あるいはストッパ層 3 にも、Ti 以外に、表 1 に示す組み合わせに応じて、同表に記載の材料を使用することができる。なお、ストッパ層 3 の材料である Ti は、ストッパ層 3 のパターニングの際、CF<sub>4</sub> と酸素の混合ガスを用いたプラズマでもエッチングすることができる。しかし、Ti の下に形成された第 1 ノズル層 1 (ポリイミド) が、上記混合ガスのプラズマによって Ti よりも高速にエッチングされ、大きなダメージを受ける。したがって、本実施の形態ではストッパ層 3 のパターニングには Ar イオンによるドライエッチング法を採用している。

このように、ストッパ層 3 のエッチレートと第 1 ノズル層 1 のエッチレートとの差が少ない Ar イオンによるドライエッチング法を採用することで、第 1 ノズル層 1 のダメージを最小限に抑えつつストッパ層 3 をパターニングすることができる。

また、上記工程においては、吐出層 1 4 (吐出層形成工程にて) あるいはストッパ層 3 (遮蔽層形成工程にて) を正方形形状に形成したがこれに限定されない。第 1 ノズル穴 1 1 a (第 1 ノズル穴部 1 1 d) あるいは第 2 ノズル穴 1 1 b を形成する際、該第 1 ノズル穴 1 1 a (第 1 ノズル穴部 1 1 d) あるいは第 2 ノズル穴 1 1 b がそれぞれ吐出層 1 4 またはストッパ層 3 に到達し、エッチングの進行が止まるような形状および大きさであれば何でもよい。ただし、吐出層 1 4 あるいはストッパ層 3 の応力によるノズルプレート 8 の反りをより低減できるような形状お

よび大きさ、すなわち必要最小限の大きさであることが望ましい。

さらに、遮蔽層形成工程においては、ストッパ層 3 の形状と第 1 ノズル穴部 1 1 d の形成パターンとなる開口部 1 1 d<sub>1</sub>を同時に作成したが、2 回のエッチング工程（ストッパ層 3 の形状を形成するためのエッチングおよび開口部 1 1 d<sub>1</sub>を形成するエッチング）によって作成することも可能である。

さらに、遮蔽層形成工程において第 1 ノズル穴部 1 1 d の加工パターン(ストッパ層 3 の開口部 1 1 d<sub>1</sub>)を作成する際、図 1 4 に示すように、第 1 ノズル穴部 1 1 d を加工することもできる。ただしこの場合は、第 2 ノズル層 2 を形成する際に、先に加工した第 1 ノズル穴部 1 1 d が第 2 ノズル層 2 の形成材料によって埋められてしまうため、第 1 ノズル穴部形成工程において、当該部位を再度加工する。

また、第 2 ノズル穴形成工程においては、第 2 ノズル穴 1 1 b を加工する際のマスク材とエッチング条件を適正化し、図 8 (a) ~ 図 8 (c) に示すように、側壁に膨らみ（曲面）をもった第 2 ノズル穴 1 1 b を形成することもできる。

すなわち、図 8 (a) ~ 図 8 (c) に示すように、第 2 ノズル層 2 上に酸素のプラズマエッチに対する耐性の高い SiO<sub>2</sub>などをマスク 1 3 として形成し（図 8 (a) 参照）、酸素のプラズマエッチを高いガス圧たとえば 500 mTorr でエッチングする（図 8 (b) 参照）。これにより、マスク 1 3 の下にも、アンダーカットが生じ、ふくらみのあるテーパーを形成することができる（図 8 (c) 参照）。

ただし、上記エッチングがオーバーエッチングになると、第 2 ノズル穴 1 1 b とストッパ層 3 の接触部において第 2 ノズル穴 1 1 b の口径 d

が広がり、大面積のストッパ層 3 が必要となるため、上記エッチングを適性に制御することが好ましい。

また、撥液膜 4 としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などを用いることも  
5 できる。

以上の製造工程のように、吐出口 11c を第 1 ノズル層 1（および撥液膜 4）よりエッチングに対する耐性が高い吐出層 14 に形成することによって、

（1）吐出層 14 をエッチングストッパとして、その開口部 11c<sub>1</sub>  
10 と略同一形状（口径）の滴吐出口 11c を形成でき、飛躍的に形状精度の高い吐出口 11c を有するノズルプレート 8 を製造することができる。

（2）さらに、ノズルプレート 8 の製造工程の最終段階における、第 1 ノズル穴 11a 内に回りこんだ撥液膜 4 のエッチング除去において、吐出出口 11c の形状変化が生じないため、安定して形状精度の高いノズル  
15 プレート 8 を製造することができる。

なお、本実施の形態においては、第 1 ノズル層 1 の液状物質供給側に第 2 ノズル層 2 を形成する構成を説明したが、これに限定されない。例えば、図 18 に示すように、第 1 ノズル層 1 に第 2 ノズル穴 11b を有する補強板 20 を接合した構成であってもよい。すなわち、液状物質吐  
20 出側に撥液膜 4 が形成され、該撥液膜 4 と接するように第 1 ノズル穴部 11d を有する第 1 ノズル層 1 が形成され、吐出口 11c を有する吐出層 14 が第 1 ノズル 1 層内にて局所的に形成され、この吐出層 14 の撥液膜 4 側の面と第 1 ノズル層 1 の撥液膜 4 側の面とが面一状であり、さらに第 1 ノズル層 1 には、この片面と接する局所的なストッパ層 3 が形

成されるとともに第2ノズル穴11bを有する補強板20が接合され、  
上記吐出口11cと第1ノズル穴部11dと第2ノズル穴11bとが連  
通している構成であつてもよい。

〔実施の形態4〕

- 5 本発明の実施の形態4について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

(ノズルプレート)

- 10 図15(a)は、微小ドット形成装置に用いられる、本発明のノズルプレートの一部の斜視図であり、図15(b)は、図15(a)のB-B'矢視断面図である。ノズルプレート8には1個以上の液状物質の吐出口(開口部または第1開口部)(以下、吐出口と称する)11cが形成されており、図15(a)においては2個の吐出口11cが示されている。

- 15 図15(a)・図15(b)に示すように、ノズルプレート8の液状物質吐出側には撥液膜4を有する第1ノズル層1、液状物質供給側には第2ノズル層2が形成され、この第1ノズル層1内に吐出層14が形成され、これら(撥液膜4、吐出層14、第1ノズル層1、第2ノズル層2)を貫くようにノズル穴11が形成されている。

- 20 より具体的には、ノズルプレート8の液状物質吐出面には撥液膜4が形成され、撥液膜4と接するように第1ノズル層1が形成されている。吐出層14は第1ノズル1層内にて局所的に形成され、さらに第1ノズル層1の撥液膜4側の面と吐出層14の撥液膜4側の面とが面一状に形成されている。第2ノズル層2は、その片面が第1ノズル層1の撥液膜4形成面の反対側の面に接するように形成されている。

また、撥液膜 4、吐出層 1 4、第 1 ノズル層 1、および第 2 ノズル層 2 を貫通するノズル穴 1 1 は、撥液膜 4、吐出層 1 4、および第 1 ノズル層 1 の貫通部である第 1 ノズル穴 1 1 a と、第 2 ノズル層 2 の貫通部である第 2 ノズル穴 1 1 b から構成される。さらに第 1 ノズル穴 1 1 a は、撥液膜 4 および吐出層 1 4 の貫通部である吐出口 1 1 c と、第 1 ノズル層 1 の貫通部である第 1 ノズル穴部 1 1 d からなる。

換言すれば、吐出層 1 4 は、第 1 ノズル層 1 内にて、撥液膜 4 と第 1 ノズル層 1 との界面に位置し、撥液膜 4 に接するとともに、吐出口 1 1 c の形成位置に局所的に形成されていることになる。

そして、ノズルプレート 8 の裏面（撥液膜 4 形成面の反対側の面）に形成された第 2 ノズル穴 1 1 b の開口部から供給された液状物質が第 2 ノズル穴 1 1 b および第 1 ノズル穴部 1 1 d を介して吐出口 1 1 c から液状物質として吐出される。

ここで、吐出口 1 1 c および第 1 ノズル穴部 1 1 d は、図 1 5 (a) に示すように、ともに円筒形状を有しており、第 2 ノズル穴 1 1 b は、第 1 ノズル穴部 1 1 d との連通部から裾広がりに拡開するテーパ形状（円錐台形状）である。

さらに、円筒形状の第 1 ノズル穴部 1 1 d の上底 1 1  $\alpha$  は、略吐出口 1 1 c を中心とする円環形状であり、吐出層 1 4 が当該上底 1 1  $\alpha$  を成して露出している。

ここで、吐出層 1 4 は、Pt を主成分とする金属材料が用いられ、ノズルプレート 8 全体の応力を低減するために、厚さ 0.5  $\mu\text{m}$ 、一辺 10  $\mu\text{m}$  の略正方形形状に形成されている。

また、本実施の形態の第 1 ノズル層 1 は、厚さが 2  $\mu\text{m}$  の SiO<sub>2</sub> 膜

で形成され、第2ノズル層2は、ポリイミド樹脂を主成分とする有機材料からなり、厚さ20  $\mu\text{m}$  に形成されている。

吐出口11cの口径は3  $\mu\text{m}$  となっており、第1ノズル穴部11dとの連通部まで膜面に対して垂直に加工されている。また、第1ノズル穴部11dは吐出口11cとの連通部において4  $\mu\text{m}$  の口径に加工されており、第2ノズル穴11bとの連通部まで、膜面に対して略垂直に加工されている。また第2ノズル穴11bは第1ノズル穴部11dとの連通部において10  $\mu\text{m}$  の口径に加工されており、裾広がりには拡開するテーパ形状（円錐台形状）であり、第2ノズル層2を貫通して撥液膜4の反対側の開口部12において開口している。

撥液膜4は、厚さが0.05  $\mu\text{m}$  のフッ素重合体を有する高分子材料から形成されている。

本実施の形態によれば、吐出層14は第1ノズル穴部11dのエッチング手段に対して高い耐性を有しているため、上記第1ノズル穴部11dのエッチングによって吐出口11cの形状が変形することを防止できる。

また着弾精度に大きな影響を与えるノズルプレート8の吐出口11cの形状が、上記0.5  $\mu\text{m}$  のPt膜の加工精度で決定されるので、吐出口11cの加工精度が非常に高く、これに伴って非常に高い着弾精度を確保することができる。

なお、吐出層14の膜厚を減少させると吐出口11cの加工精度を高めることができる反面、吐出層14の剛性が低下し、吐出口11cの構造的な信頼性が減少する。しかしながら、本実施の形態では、吐出層14に接するように第1ノズル層1が形成されているため、これによって

吐出層 1 4 が補強され、吐出層 1 4 の構造的信頼性を低下させることなく吐出口 1 1 c の形状精度を向上させることが可能となっている。

また、第 1 ノズル層 1 は第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチング手段に対して、高い耐性を有しているので、第 2 ノズル穴 1 1 b の加工によって第 1 ノズル穴部 1 1 d の形状が大幅に変形することがないとともに、第 2 ノズル穴 1 1 b 加工時のオーバーエッチによって、第 1 ノズル層 1 が完全に除去されることがない。

なお、吐出層 1 4 に用いる材料も Pt を主成分とする金属材料に限定されない。第 1 ノズル穴 1 1 a のエッチング、第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチング、犠牲層 5 のエッチング（後述）、および吐出口 1 1 c 内に回り込んだ撥液膜 4 のエッチング（後述）の際、当該エッチングに対して高い耐性を有する材料、すなわち、フッ素を含有するプラズマ、酸素を含有するプラズマ、硝酸、水酸化カリウム水溶液等に耐性の高い材料であればよく、犠牲層 5 のエッチング、第 1 ノズル穴 1 1 a の加工手法、および第 2 ノズル穴 1 1 b の加工手法との組み合わせによって選択することができる。

具体的には、吐出層 1 4 に用いる材料として、Al、Au、Pt、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、AlN、SiO<sub>2</sub>等を主成分とする金属材料あるいは無機酸化物材料や無機窒化物材料等が挙げられる。

また、第 1 ノズル層 1 に用いられる材料は SiO<sub>2</sub>に限定されない。SiO<sub>2</sub>以外の Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>といった Si 化合物材料、あるいは Si であっても良い。また、吐出層 1 4、第 2 ノズル層 2 との組み合わせに応じて Al を主成分とする材料を使用することができる。

また、第 2 ノズル層 2 に用いられる材料もポリイミドに限定されず、

酸素ガスを含有するプラズマを用いたドライエッチングによって良好に加工される材料であれば使用可能であり、たとえばポリイミド以外の有機樹脂であっても良い。

また吐出層 1 4 の形状も吐出口 1 1 c の形成位置に局在する形状でありさえすればよく、略正方形形状に限定されない。例えば円形であっても良い。円形は形状の等方性が最も高いので応力の低減も等方的となり好ましい。また、図 1 5 (a) に示すように、本実施の形態では 1 個の吐出層 1 4 に対して 1 個の吐出口 1 1 c 形成されているがこれに限定されない。1 個の吐出層 1 4 に複数個の吐出口 1 1 c を形成しても良い。

また、本実施の形態では、第 2 ノズル穴 1 1 b は、第 1 ノズル穴部 1 1 d との連通部 1 1 x が狭まった円錐台形状（テーパ形状）であるがこれに限定されない。例えば、第 2 ノズル穴 1 1 b の側壁がノズルプレート 8 表面に対して垂直の、いわゆるストレート形状（円筒形状）に形成することもできる。この場合、第 2 ノズル穴 1 1 b の液体流入口 1 2 をより小さくすることができ、ノズルの集積度をさらに高めることができる。

上記のように、ノズルプレート 8 を第 1 ノズル層 1 のエッチング剤に対して耐性の高い吐出層 1 4、第 2 ノズル層 2 のエッチング剤に対して耐性の高い第 1 ノズル層 1、第 2 ノズル層 2 を備える構成にすることによって、

(1) 吐出口 1 1 c の形状を、厚さ  $0.5 \mu\text{m}$  の吐出層 1 4 の加工精度が支配するため、吐出口 1 1 c の形状精度を向上することができる。

(2) ストップ層を形成しないので、プロセスを簡略化することができるのと同時に、ストップ層に起因する応力を低減することができるので、



応力によるノズルプレート 8 の反りを制御しやすくなる。

(3) ノズルプレート 8 の剛性は第 2 ノズル層 2 で維持できるため、ノズルプレート 8 全体の剛性が高くなり、取り扱いが容易になる。

5 (4) 吐出層 1 4 が、撥液膜 4 のエッチング手段に対して耐性の高い材料を使用しているため、第 1 ノズル穴 1 1 a 内に回り込んだ撥液膜 4 を除去する際、吐出口 1 1 c の形状が変化することがなく、製造工程において吐出口 1 1 c の加工精度が劣化することを防止できる。

#### (ノズルプレートの製造方法)

10 図 1 6 (a) ~ 図 1 6 (g) は、本実施の形態にかかるノズルプレートの製造工程を示している。以下に、図 1 6 (a) ~ 図 1 6 (g) を用いて本実施の形態にかかるノズルプレートの製造方法を説明する。

まず、S i やガラスなどからなる任意の厚さの一時保持のための基板 6 に、犠牲層 5 を、N i を用いた湿式鍍金によって形成する。犠牲層 5 の厚さは 1 0  $\mu$  m とする。

15 次に、上記犠牲層 5 上に厚さ 0 . 5  $\mu$  m の P t 膜を蒸着などの方法で成膜し、フォトリソグラフィを用いて吐出層 1 4 の外形形状と吐出口 1 1 c の形状のレジストパターンを形成する。しかる後に、ドライエッチング法を用いて上記吐出層 1 4 の外形形状と吐出口 1 1 c となる開口部 1 1 c<sub>1</sub>を同時に加工する (吐出層形成工程、図 1 6 (a))。

20 上記 P t 膜は化学的に比較的不活性な材料であるため、本実施の形態においては上記ドライエッチングは A r を用いたスパッタエッチングを用い、物理的な加工が支配的な方法によって加工した。また、本加工は非常に高い精度で行うため、異方性の高いエッチング条件を用いている。

次に、上記犠牲層 5 あるいは吐出層 1 4 上に S i O<sub>2</sub> 膜からなる第 1

ノズル層 1 を P-CVD 法によって成膜する（第 1 ノズル層形成工程、図 16 (b)）。

この P-CVD 法によると、成膜する  $\text{SiO}_2$  膜の有する応力を、成膜に用いるガスの組成、ガス圧、プラズマを発生するための RF パワーによって制御することができるとともに、段差部のつき周りが良好であるため、上記吐出層 14 の段差部においてクラックなどが発生することがない。したがって、いわば膜としての構造的な信頼性が高く、このため、ノズルプレート 8 全体の構造的な信頼性が高くなる。

次に、上記第 1 ノズル層 1 上にフォトリソグラフィによってレジストパターンを作成し、フッ素ガスを含む反応性イオンエッチング（RIE）によって、第 1 ノズル穴部 11d となる開口部 11d<sub>1</sub> および吐出出口 11c となる開口部 11c<sub>1</sub> を加工する（第 1 ノズル穴部形成工程、第 1 除去工程、図 16 (c)）。

ここで、第 1 ノズル穴部 11d のエッチングが吐出層 14 にて停止するように、開口部 11d<sub>1</sub> の形状は、開口部 11c<sub>1</sub> よりも大きく（かつ吐出層 14 の外形より小さく）加工する。

当該エッチング方法では、プラズマによって活性化されたフッ素が選択的に Si 原子と反応するため、 $\text{SiO}_2$  のエッチング速度が非常に高い。これに対して、上述したように Pt は化学的に安定な材料であるため、前記活性化されたフッ素とはほとんど反応しない。このため Pt のエッチング速度が遅く、これによって、本エッチングは吐出層 14 と第 1 ノズル層 1 の界面で精度よく止めることができる。

次に上記第 1 ノズル層 1 の上に塗布型のポリイミド樹脂を厚さ 20  $\mu\text{m}$  で成膜し、第 2 ノズル層 2 を形成する（第 2 ノズル層形成工程、図 1

6 (d))。

ここで、上記塗布型ポリイミド樹脂は第1ノズル層1上にスピンコートによって塗布し、 $-350^{\circ}\text{C}$ で2時間焼成した。ここで、開口部11d<sub>1</sub>および開口部11c<sub>1</sub>はポリイミド樹脂にて埋められることになる(11c<sub>2</sub>、11d<sub>2</sub>参照)。

次に、上記第2ノズル層2上にフォトリソグラフィによってレジストパターン7を形成する(図16(e))。

次いで、酸素を主成分とするガスを用いたドライエッチングを行い、第2ノズル層2にテーパ形状(円錐台形状)の第2ノズル穴11bを形成し(第2ノズル穴形成工程、図16(f))、続いて、第1ノズル層1に第1ノズル穴部11dを加工するエッチングおよび、吐出層14に吐出口11cを加工するエッチングを行う(第1ノズル穴部形成工程、第1除去工程、図16(f)参照)。

なお、本実施の形態では、第1ノズル穴部11dおよび吐出口11cを連続して形成し、吐出層14でエッチングを止めた(吐出層14の吐出口11cを除いて吐出層14が露出した時点でドライエッチングは停止する)がこれに限定されない。上記エッチングを意図的に第1ノズル層1で止め、吐出口11cの形成(第1ノズル層1で埋められた部分11c<sub>2</sub>のエッチング)を別工程(別の方法あるいは条件)でエッチングすることも可能である。

なお、第2ノズル穴11bをテーパ形状に加工する工程については、上記実施の形態と同様であるため説明を省略する。

このとき第1ノズル穴11aは、先の工程でポリイミド樹脂によって埋められた形状が、ポリイミド樹脂が除去されることによって再現され

る。吐出口 11c についても、吐出層 14 の開口部 11c<sub>1</sub> を埋める第 2 ノズル層 2 の材料 (11c<sub>2</sub> 参照) が除去され、先の工程でポリイミド樹脂によって埋められる前の形状 11c<sub>1</sub> が再現される。

次に、上記レジストパターン 7 をレジスト剥離液を用いて除去する。

- 5      次いで、硝酸と水が主成分である水溶液に浸漬し犠牲層 5 のみをエッチングすることで、ノズルプレート 8 となるべき積層体を基板 6 からとりはずす (図 16 (f))。

10      先に述べたように、第 1 ノズル層 1 を形成する SiO<sub>2</sub>、第 2 ノズル層 2 を形成するポリイミド樹脂や吐出層 14 を形成する Pt は、上記犠牲層 5 のエッチング液によってほとんどエッチングされることがないため、犠牲層 5 のエッチングによって、ノズル穴 11 の形状変化やノズルプレート 8 の構造的信頼性の低下を招来することがない。

次に、第 1 ノズル層 1 の表面に撥液膜 4 を形成する (図 16 (g) 参照)。

- 15      ここでは、塗布の容易さを考慮する趣旨でフッ素重合体を用い、これをスタンプなどの方法により第 1 ノズル層 1 の表面に塗布し、高分子膜にて撥液膜 4 を形成した。なお、第 1 ノズル穴 11a 内に回り込んだ撥液膜 4 については、撥液膜 4 形成後に、酸素を含有するプラズマを用い、第 2 ノズル穴 11b 側からドライエッチングすることで、これを除去し、  
20      ノズルプレート 8 が完成した。これにより、ノズルプレート 8 のダメージを最小限にすることができる。

本実施の形態では、第 1 ノズル穴 11a 内に回り込んだ撥液膜 4 を酸素を含有するプラズマを用いたドライエッチングでエッチング除去する。

ここで、本実施の形態においては、上述したように液状物質吐出面に酸

素を含有するプラズマを用いたドライエッチングに対して高い耐性を有する吐出層 14 が存在しており、この吐出層 14 が吐出口 11c の形状を決定しているため、上記ドライエッチングによって吐出口 11c の形状が変化することがない。このため非常に高精度のノズル穴を形成することができる。

本実施の形態の製造工程を用いて作成した 200 個の吐出口 11c を有するノズルプレート 8 の各吐出口 11c の形状を評価したところ、ばらつきは  $\pm 0.15 \mu\text{m}$  と非常に高精度に加工できた。また、ノズルプレート 8 の反りも  $10 \mu\text{m}$  以下と非常に平坦であった。

なお、本実施の形態では、犠牲層 5 に Ni、吐出層 14 に Pt、第 1 ノズル層 1 に  $\text{SiO}_2$ 、第 2 ノズル層 2 にポリイミド樹脂、を用いたが、この組み合わせに限定されない。

犠牲層 5 には、Ni のほかに、吐出層 14、第 1 ノズル層 1、および第 2 ノズル層 2 に用いる材料との組み合わせによって、Al、Cu、などの硝酸、あるいは KOH 水溶液に可溶な材料を用いることができる。

また、犠牲層 5 の形成方法についても鍍金以外に蒸着法、スパッタ法、塗布法などを材料に応じて用いることができる。

第 2 ノズル層 2 には、犠牲層 5 のエッチングによるダメージが軽微な材料を用いることができる。ただし、後述する第 1 ノズル層 1 あるいは吐出層 14 とのエッチングの選択性を考慮したとき、酸素を含有するプラズマを用いたエッチングが可能な有機樹脂が望ましい。さらに、分子鎖同士が架橋反応している分子構造を有する有機樹脂を用いると、第 2 ノズル層 2 の耐熱性、耐環境性が高く、ノズルプレート 8 の信頼性を向上することができる。

また、吐出層 1 4、第 1 ノズル層 1 には、犠牲層 5 のエッチングおよび第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

さらに吐出層 1 4 には、犠牲層 5 のエッチング並びに第 2 ノズル穴 1 1 b のエッチングおよび第 1 ノズル穴 1 1 a のエッチングに対して耐性の高い材料を用いることができる。

ここで、表 4 に使用材料（犠牲層、吐出層、第 1 ノズル層、第 2 ノズル層）および加工方法（吐出口、第 1 ノズル穴、第 2 ノズル穴、犠牲層除去）について好ましい組み合わせを示す。

表 4

層構成				加工方法			
犠牲層	吐出層	第1ノズル層	第2ノズル層	吐出口	第1ノズル穴	第2ノズル穴	犠牲層
Ni, Cu, Al	Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , AlN	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	PI, レジスト	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	希硝酸
Cu	Al, Au, Pt, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , AlN	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	PI, レジスト	Arドライエッチ	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	濃硝酸
Cu	SiO <sub>2</sub>	Al	PI, レジスト	CF <sub>4</sub> ドライエッチ	Clドライエッチ	O <sub>2</sub> ドライエッチ	濃硝酸

表 4 に示すように、第 1 ノズル層 1 は SiO<sub>2</sub> のような Si 化合物に限定されず、犠牲層 5 のエッチングに濃硝酸を使用することができる場合、表面が不働体化する Al のような材料を使用することができる。Al は Cl ガスを含有するプラズマを用いたドライエッチングで SiO<sub>2</sub> に対して高い選択比で加工することができるので、吐出口 1 1 c の加工精度をさらに高めることができる。

また、撥液膜 4 としては、フッ素重合体に限定されず、シリコン系の高分子膜、DLC（ダイヤモンドライクカーボン）などを用いることもできる。

以上の製造工程を用いることによって、

5       (1) 膜厚の薄い吐出層 14 を加工して吐出口 11c の形状（開口部 11c<sub>1</sub>）を形成するため、飛躍的に形状精度の高い吐出口 11c を有するノズルプレート 8 を製造することができる。

10       (2) さらに、ノズルプレート 8 の加工工程の最終段階において、第 1 ノズル穴 11a 内に回りこんだ撥液膜 4 を除去し、加えて、この時に吐出口 11c の形状変化が生じないため、高い形成精度の第 1 ノズル穴 11a を備えたノズルプレート 8 を安定して製造することができる。

15       (3) ストップ層（遮蔽層）を形成しないので、プロセスを簡略化することができるとともに、ストップ層（遮蔽層）に起因する応力を低減することができるので、応力によるノズルプレート 8 の反りを制御しやすくなる。

上記構成のノズルプレート 8 の製造方法では、高い異方性を有するエッチングで第 1 ノズル穴 11a 又は第 2 ノズル穴 11b を加工するため、第 1 ノズル穴 11a または第 2 ノズル穴 11b を高い加工精度で加工することができる。

20       なお、上記実施の形態におけるノズルプレート 8 の製造方法は、吐出口 11c、第 1 ノズル穴 11a または第 2 ノズル穴 11b の加工をドライエッチングを用いて行うことを特徴とすることもできる。

また、本発明のノズルプレート 8 の製造方法においては、上記吐出層 14 または第 1 ノズル層 1 を、基板 6 に形成した犠牲層 5 上に形成し、

第1ノズル穴11aおよび第2ノズル穴11bを加工した後、犠牲層5をエッチングすることによって、ノズルプレート8と基板6とを離間することが望ましい。

5      このようにすると、高い形状精度が要求される吐出口11cを備えた吐出層14が、ノズル製造プロセスの最終段階まで、犠牲層5と基板6によって保護されているため、プロセス中の取り扱いによって、吐出口11cが損傷を受けることがない。このため、吐出口11cが高い形状精度を維持したまま簡便にノズルプレート8を製造することができるので、安定して高精度の吐出口11cを有するノズルプレート8を製造す  
10      ることができる。ノズルプレート8の製造における歩留まりを向上させることができる。

また、上記実施の形態3、4においても、撥液膜4を形成しない構成を採用することができる。撥液膜4を吐出層14あるいは第1ノズル層1上に形成しないことによって、吐出口11cの形状精度がさらに向上  
15      する。

尚、発明を実施するための最良の形態の項においてなした具体的な実施態様または実施例は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する特許請求の範囲内で、いろ  
20      いろと変更して実施することができるものである。

#### 産業上の利用の可能性

本発明は、現像剤を用いて像担持体上に形成された静電潜像を顕像化する電子写真方式の現像装置及び画像形成装置に関するものであり、特



に、進行波電界を用いて像担持体上の現像位置に現像剤を搬送する現像装置及び画像形成装置のような用途に使用可能である。

## 請 求 の 範 囲

1. 液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴と連通し、上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有する第2ノズル層との間に、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層を介在させたノズルプレートにおいて、

上記遮蔽層は、第1ノズル穴および第2ノズル穴が連通する連通部の周囲に、局所的に形成されていることを特徴とするノズルプレート。

2. 上記遮蔽層は、第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、その外形は上記連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことを特徴とする請求の範囲1に記載のノズルプレート。

3. 上記第1ノズル穴は、上記第1ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることを特徴とする請求の範囲1または2に記載のノズルプレート。

4. 上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることを特徴とする請求の範囲1から3のいずれか1項に記載のノズルプレート。

5. 上記第1ノズル層および第2ノズル層がともに高分子有機材料で構成され、上記遮蔽層が金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも1つから形成されていることを特徴とする請求の範囲1から4のいずれか1項に記載のノズルプレート。

6. 上記第1ノズル層および第2ノズル層がともにポリイミド樹脂で形成され、上記遮蔽層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>から選定される少なくとも1つの材料を主成分

とすることを特徴とする請求の範囲 1 から 5 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

7. 第 1 ノズル層と第 2 ノズル層の少なくとも一方が Si、SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって形成され、  
5 上記遮蔽層が、Al、Cu、Au、Pt、Al 酸化物、Al 窒化物のうちの少なくとも 1 つを主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求の範囲 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

8. 液状物質を吐出する一つ以上の第 1 ノズル穴を有するノズル層と、  
上記第 1 ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第 2  
10 ノズル穴を有し、上記ノズル層に固着される補強板と、ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第 1 ノズル穴および第 2 ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層とを備えたことを特徴とするノズルプレート。

9. 上記遮蔽層は第 2 ノズル穴の開口範囲内に形成されていることを特徴とする請求の範囲 8 に記載のノズルプレート。  
15

10. 上記第 1 ノズル穴は、上記第 1 ノズル層の貫通部と上記遮蔽層の貫通部とから構成されていることを特徴とする請求の範囲 8 または 9 に記載のノズルプレート。

11. 上記ノズル層が高分子有機材料によって形成され、上記遮蔽層が  
20 金属材料、無機酸化物材料、無機窒化物材料のうちの少なくとも 1 つによって形成され、上記補強板が Si、無機酸化物材料、高分子有機材料のうちの少なくとも 1 つによって形成されていることを特徴とする請求の範囲 8 から 10 のいずれか 1 項に記載のノズルプレート。

12. 上記ノズル層がポリイミド樹脂で構成され、上記遮蔽層が Ti、

A l、A u、P t、W、N b、S i O<sub>2</sub>、A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、S i Nから選定される少なくとも1つの材料で構成され、補強板がS i、ガラス、A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも1つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂から構成されていることを特徴とする請求の範囲8から11のいずれか1項に記載のノズルプレート。

13. 上記ノズル層がS i、S i O<sub>2</sub>、S i<sub>3</sub>N<sub>4</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記遮蔽層がA l、C u、A u、P t、A l 酸化物、A l 窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料で構成され、上記補強板が、S i、ガラス、A l<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のうちの少なくとも1つを主成分とするセラミック材料あるいはポリイミド樹脂によって形成されていることを特徴とする請求の範囲8から10のいずれか1項に記載のノズルプレート。

14. 液状物質を吐出する第1ノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、

上記第1ノズル穴を形成するためのノズル層を形成する工程と、

上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、第1ノズル穴を形成する際のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する工程と、

上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部からノズル層をエッチングし、上記開口部からノズル層を貫通する第1ノズル穴を形成する工程とを含むことを特徴とするノズルプレートの製造方法。

15. 上記の3つの工程に続いて、別途形成された第2ノズル穴を有する補強板を上記ノズル層に接合する工程を行うことを特徴とする請求の範囲14に記載のノズルプレートの製造方法。

16. 液体を吐出するためのノズル穴を有するノズルプレートの製造方法であって、

第1ノズル穴を加工するための第1ノズル層を形成する第1工程と、

5 上記第1ノズル穴の一部となる開口部を有し、該第1ノズル穴のエッチング時のエッチングマスクとなる遮蔽層を、上記ノズル層上に局所的に形成する第2工程と、

上記第1ノズル層および遮蔽層の上に、第2ノズル穴を加工するための第2ノズル層を形成する第3工程と、

10 上記第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第4工程と、

上記遮蔽層をエッチングマスクとして、上記開口部から第1ノズル層をエッチングすることで該第1ノズル層を貫通する第1ノズル穴を加工する第5工程とを含むことを特徴とするノズルプレートの製造方法。

15 17. 上記第4工程と第5工程とを連続して行うことを特徴とする請求の範囲16に記載のノズルプレートの製造方法。

18. 液状物質を吐出するための第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、第1ノズル穴に連通し、上記液状物質の供給を受けるための第2ノズル穴を有する第2ノズル層とを備えたノズルプレートにおいて、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性の高い吐出層が、第1  
20 ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成されており、上記第1ノズル穴は、第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴とするノズルプレート。

19. 上記吐出層は、第1ノズル層内に形成されていることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

20. 上記吐出層の主成分が無機材料であることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

21. 第1ノズル穴における第1ノズル層の貫通部を第1ノズル穴部としたとき、

5 上記吐出層の外形は、吐出層と第1ノズル層との境界面における第1ノズル穴部の外形より大きいことを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

22. 上記吐出層は開口部の周囲に、局所的に形成されていることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

10 23. 上記第1ノズル層と第2ノズル層との間に第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い遮蔽層が局所的に介在し、上記第1ノズル穴は遮蔽層を貫通して第2ノズル穴に連通していることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

24. 上記遮蔽層は、第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、  
15 上記遮蔽層の外形は、第1ノズル穴と第2ノズル穴との連通部における第2ノズル穴の外形より大きいことを特徴とする請求の範囲23に記載のノズルプレート。

25. 上記第1ノズル層は第2ノズル層よりエッチングに対する耐性が高いことを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

20 26. 第1ノズル層の貫通部である第1ノズル穴部は、上記開口部との連通部が狭まったテーパ形状であることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

27. 上記第2ノズル穴は、第1ノズル穴との連通部が狭まったテーパ形状であることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

28. 少なくとも、上記吐出層の液状物質吐出側の面に撥液膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

29. 液状物質を吐出する第1ノズル穴を有する第1ノズル層と、上記第1ノズル穴に連通するとともに上記液状物質の供給を受ける第2ノズル穴を有し、上記第1ノズル層に固着される補強板と、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、少なくとも、第1ノズル穴および第2ノズル穴の連通部の周囲に形成された遮蔽層と、開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高く、第1ノズル層の液状物質吐出側の面に接するように形成された吐出層とを備え、上記第1ノズル穴は第1ノズル層を貫通して上記開口部に連通していることを特徴とするノズルプレート。

30. 上記吐出層がAl、Pt、Au、 $Al_2O_3$ 、AlNのうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって構成され、上記第1ノズル層がシリコン化合物から構成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されていることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

31. 上記吐出層がシリコン化合物から構成され、上記第1ノズル層がAlを主成分とする金属材料で形成され、上記第2ノズル層が有機樹脂で構成されることを特徴とする請求の範囲18に記載のノズルプレート。

32. 上記第1ノズル層が有機樹脂で形成され、上記吐出層が、Ti、Al、Au、Pt、Ta、W、Nb、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $Si_3N_4$ 、AlNから選定される少なくとも1つの材料を主成分とすることを特徴とする請求の範囲23に記載のノズルプレート。

33. 上記第1ノズル層がSi、 $SiO_2$ 、 $Si_3N_4$ のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成され、上記吐出層が、Al、Ni、

Fe、Co、Cu、Au、Pt、Al酸化物、Al窒化物のうちの少なくとも1つを主成分とする材料によって形成されていることを特徴とする請求の範囲23に記載のノズルプレート。

34. 液状物質を吐出するための、第1開口部および第1ノズル穴部を有する第1ノズル穴と、該第1ノズル穴を有する第1ノズル層とを備えたノズルプレートの製造方法であって、

上記第1開口部を有し、第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が高い吐出層を形成する吐出層形成工程と、

上記第1開口部を埋めるとともに吐出層を覆うような第1ノズル層を形成する第1ノズル層形成工程と、

上記第1開口部の形成位置に対応して、上記第1ノズル層に上記第1ノズル穴部を形成する第1ノズル穴部形成工程と、

上記第1ノズル穴部から第1ノズル層をエッチングし、上記第1開口部内の第1ノズル層を除去する第1除去工程とを含むことを特徴とするノズルプレートの製造方法。

35. 上記第1除去工程の後に、

第1ノズル層よりエッチングに対する耐性が低い第2ノズル層を、上記第1開口部および第1ノズル穴部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように形成する第2ノズル層形成工程と、

該第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、  
を含むことを特徴とする請求の範囲34のノズルプレートの製造方法。

36. 上記第1ノズル層形成工程と第1ノズル穴部形成工程との間に、  
第2開口部を有し、第1および第2ノズル層よりエッチングに対する



耐性が高い遮蔽層を、形成された第1ノズル層上に、上記第1開口部に対応して局所的に形成する遮蔽層形成工程と、

上記第2開口部を埋めるとともに第1ノズル層を覆うように第2ノズル層を形成し、しかる後に第2ノズル層をエッチングすることで、該第2ノズル層を貫通し、上記遮蔽層に達する第2ノズル穴を加工する第2ノズル穴形成工程と、

含むこと特徴とする請求の範囲34のノズルプレートの製造方法。

37. 上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部内の第2ノズル層を除去する第2除去工程と、上記第1開口部内の第2ノズル層を除去する第3除去工程とを行うことを特徴とする請求の範囲35に記載のノズルプレートの製造方法。

38. 上記第2ノズル穴形成工程に連続して、上記第1ノズル穴部形成工程および第1除去工程を行うことを特徴とする請求の範囲36に記載のノズルプレートの製造方法。

39. 上記一連の工程の後に、少なくとも、上記吐出層表面に、上記吐出層よりエッチングに対する耐性の低い撥液膜を形成する工程と、上記第1開口部の反対側からエッチングを行い、第1ノズル穴内の撥液膜を除去する工程とを含むことを特徴とする請求の範囲34に記載のノズルプレートの製造方法。

1/19

図 1 (a)

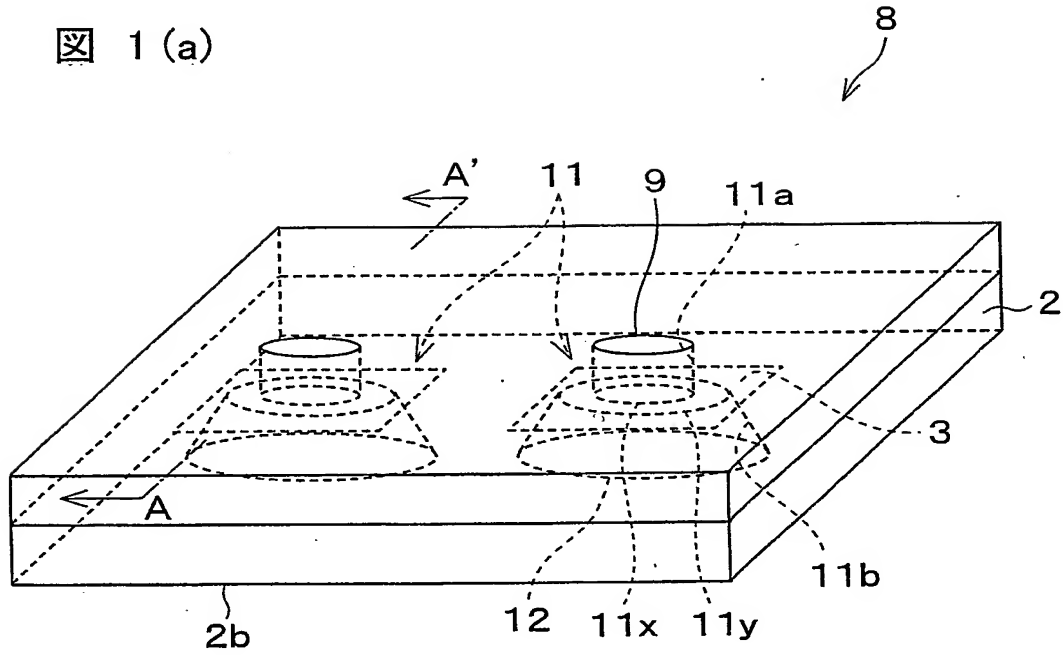


図 1 (b)

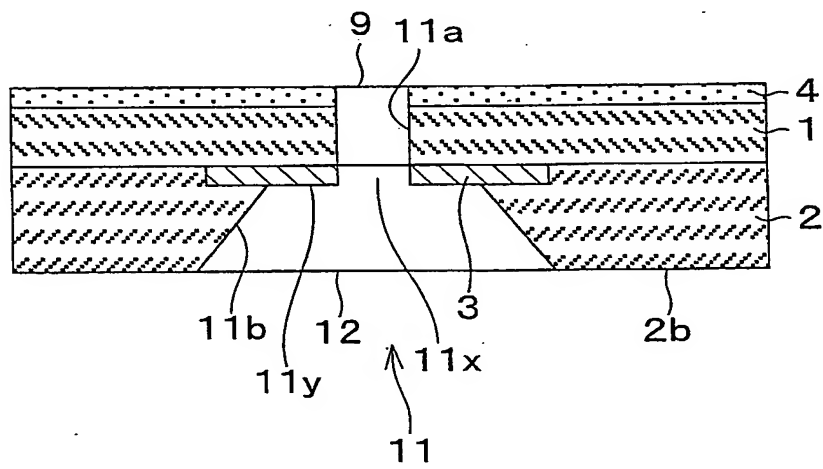


図 2

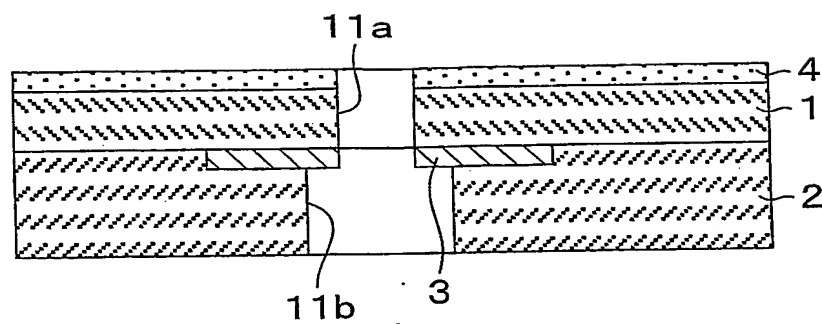


図 3 (a)

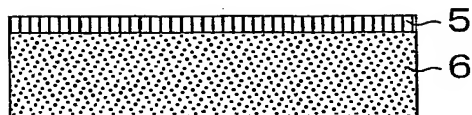


図 3 (b)

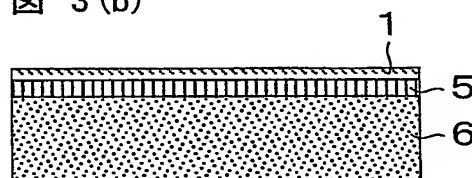


図 3 (c)

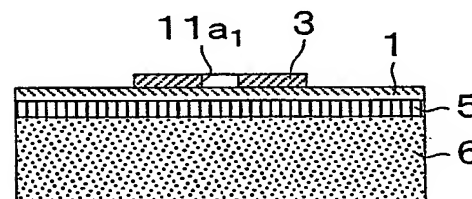


図 3 (d)

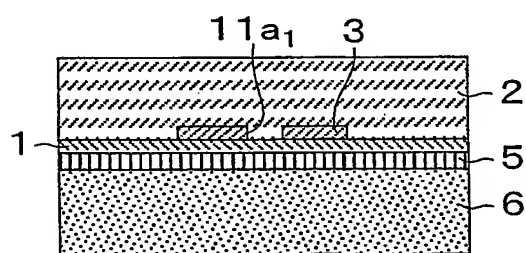


図 3 (e)

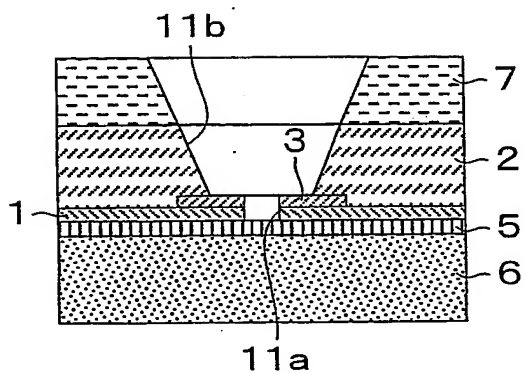


図 3 (f)

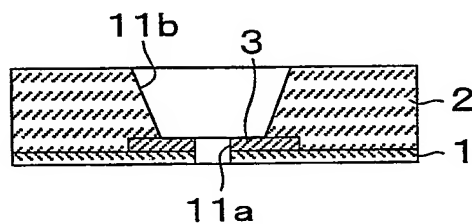
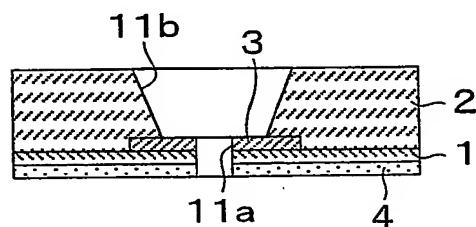


図 3 (g)



4/19

図 4

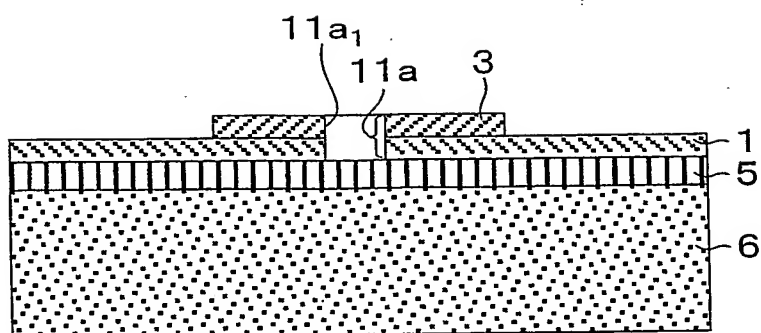


図 5 (a)

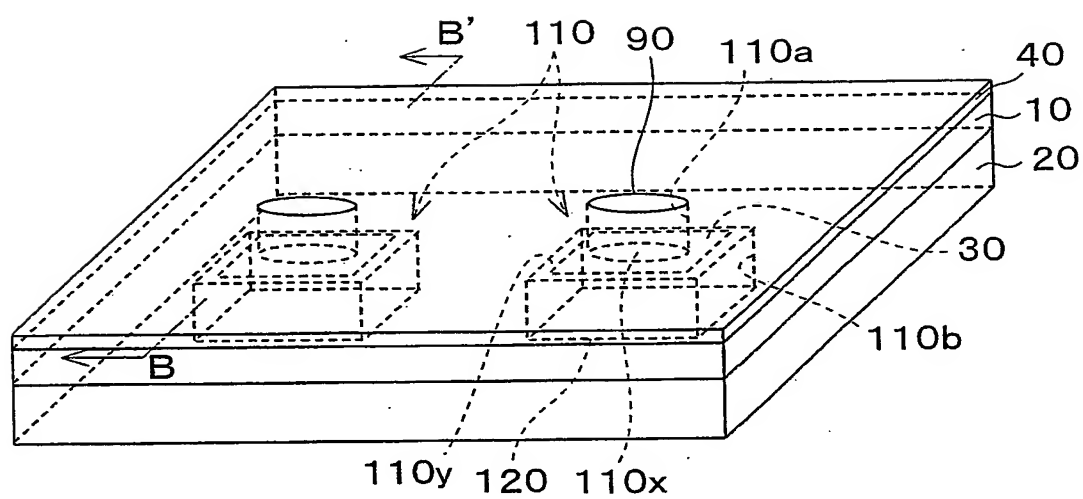
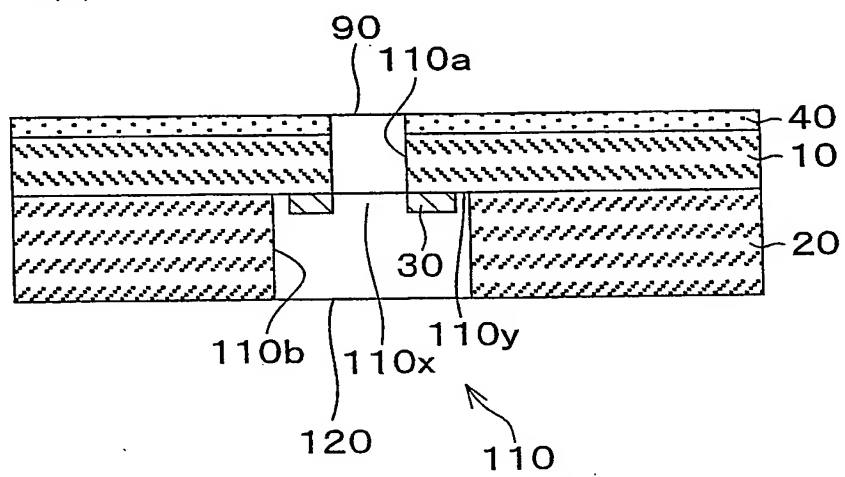


図 5 (b)



6/19

図 6 (a)

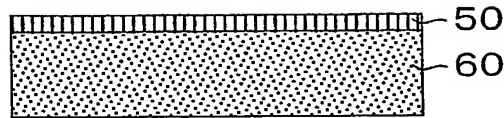


図 6 (b)

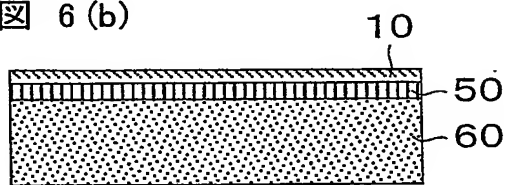


図 6 (c)

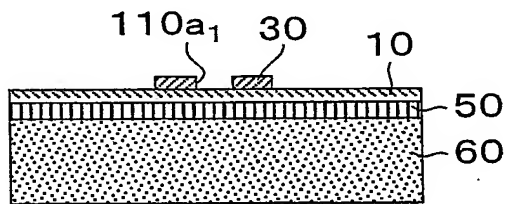


図 6 (d)

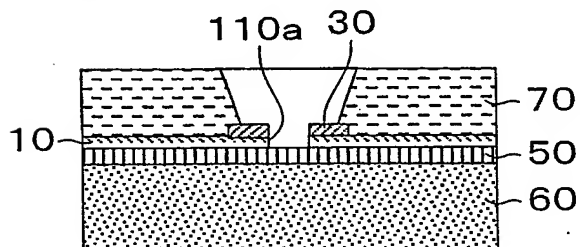


図 6 (e)

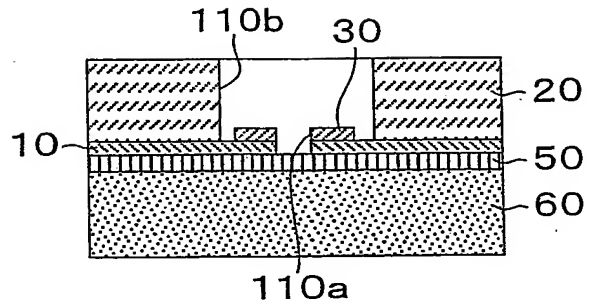


図 6 (f)

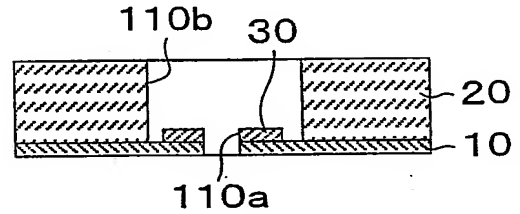


図 6 (g)

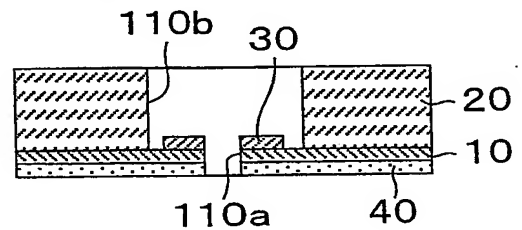


図 7

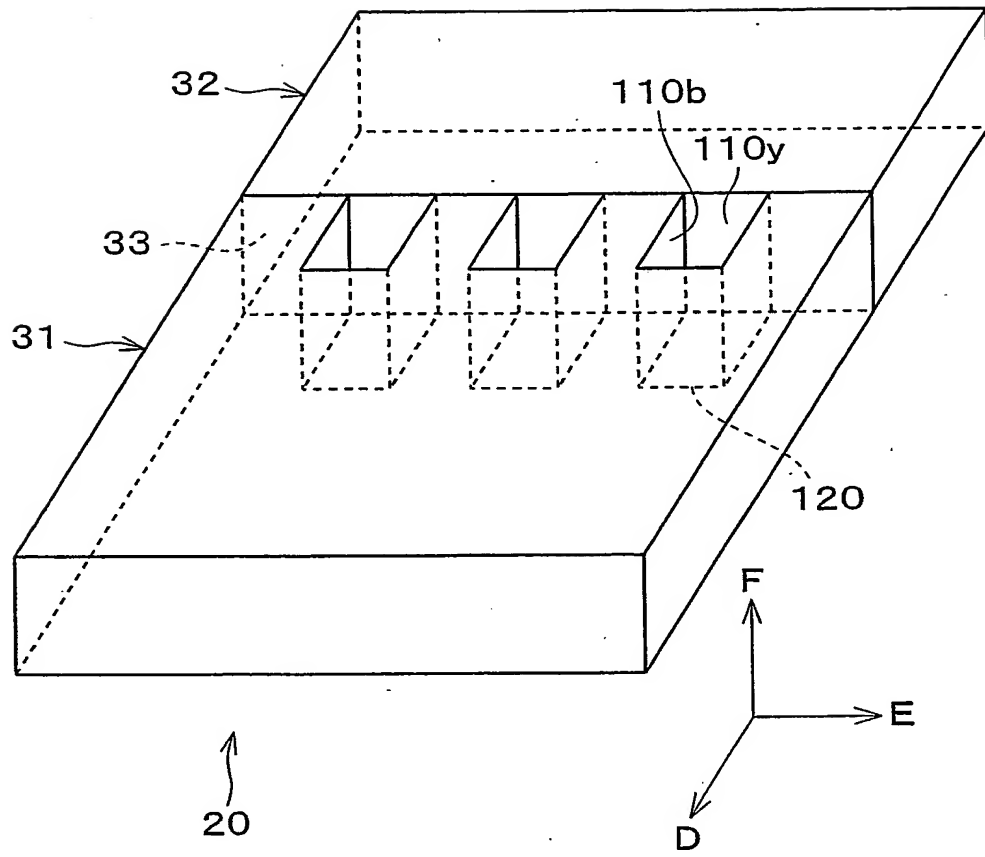




図 8 (a)

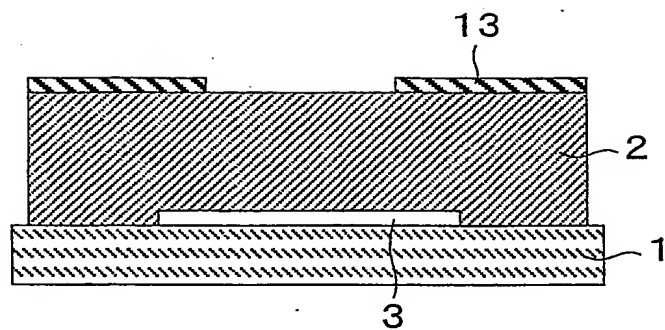


図 8 (b)

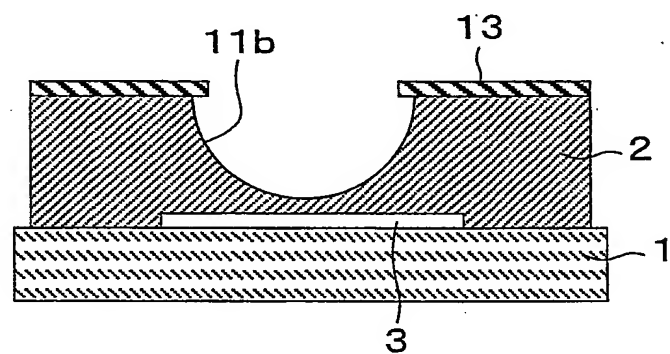
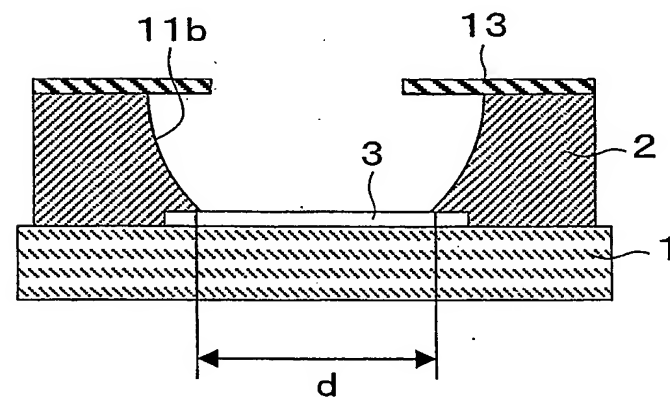


図 8 (c)



9/19

図 9

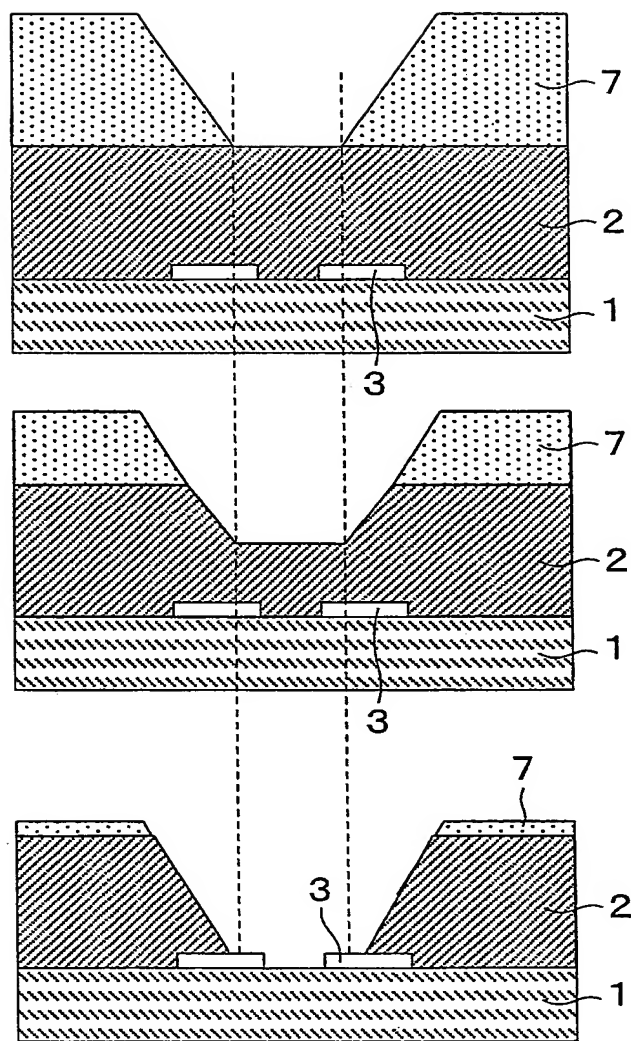


図 10 (a)

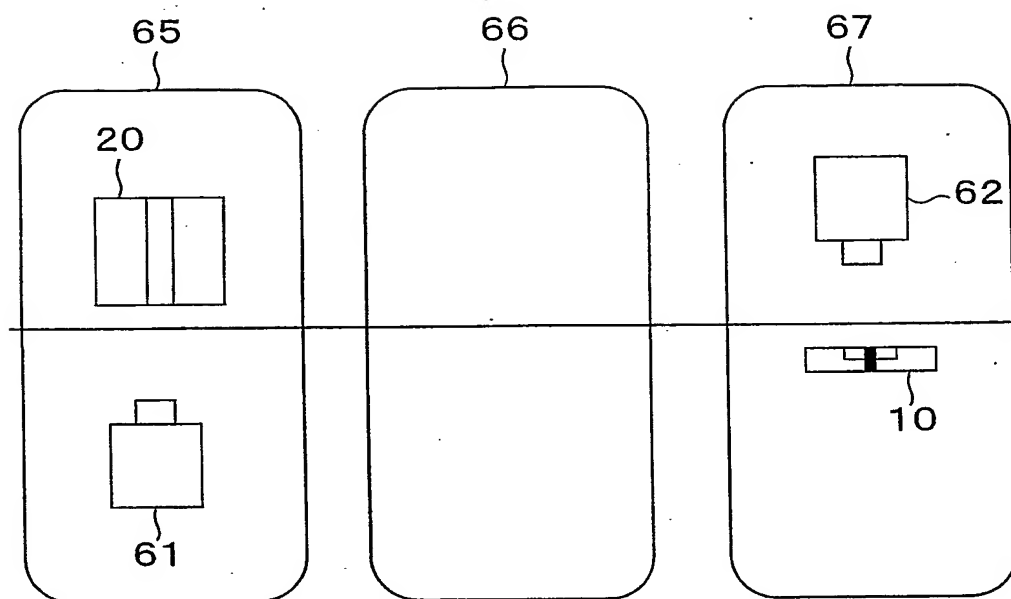
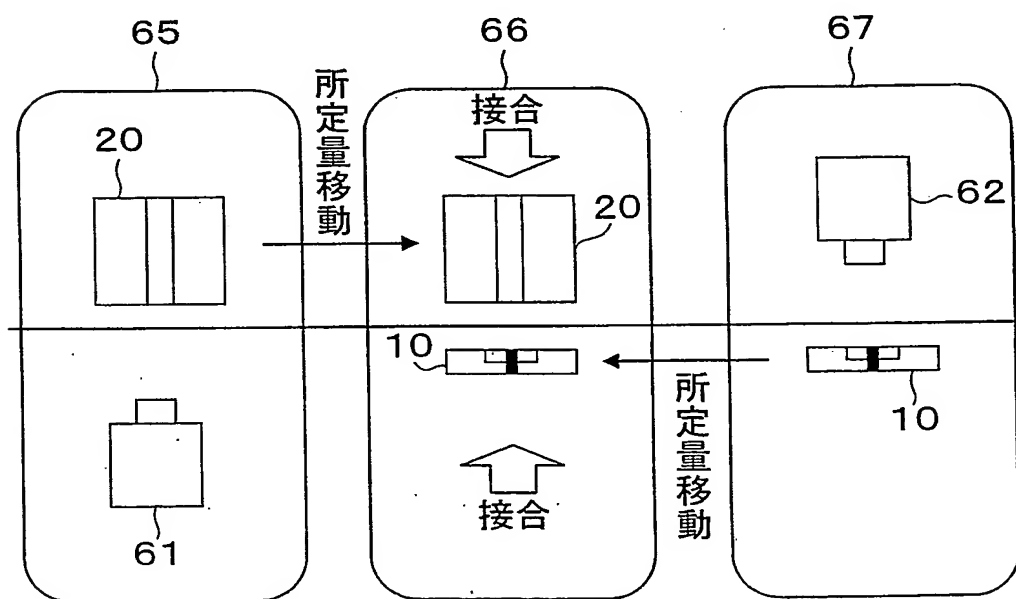


図 10 (b)





12/19

図 12

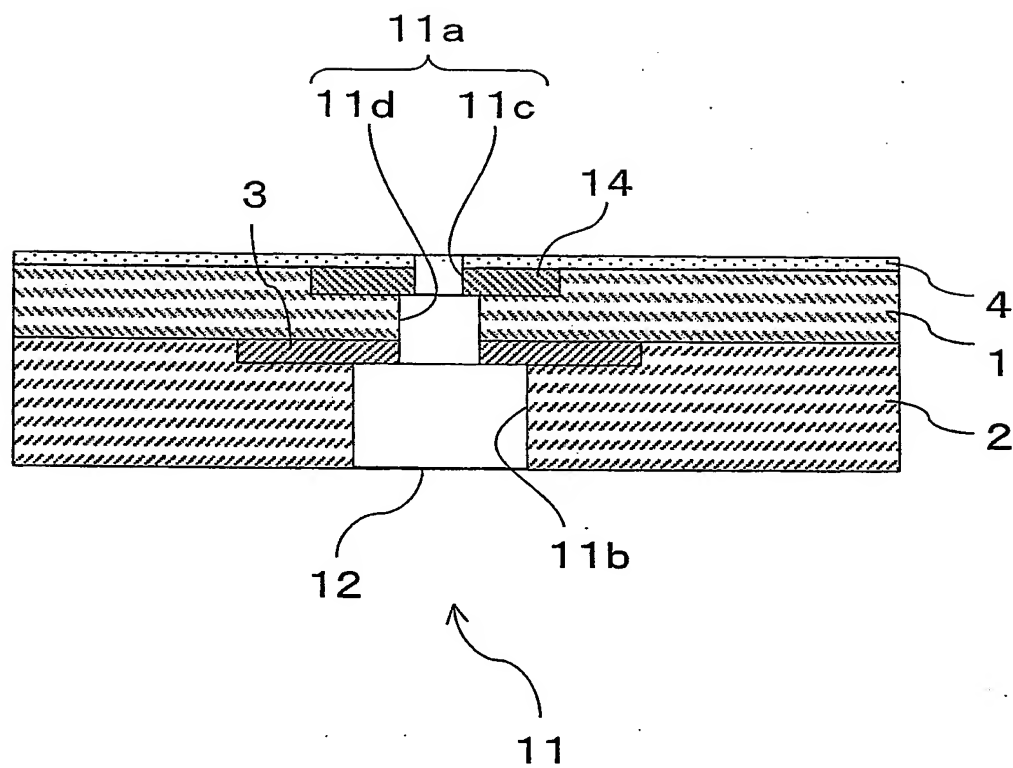


図 13 (a)

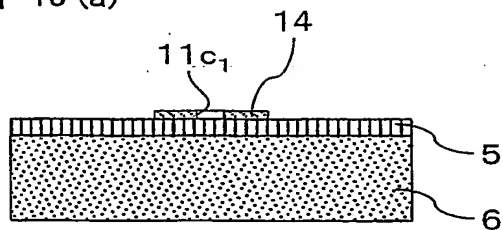


図 13 (b)

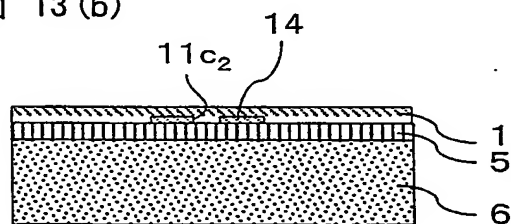


図 13 (c)

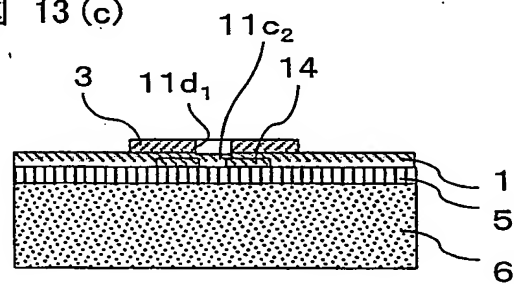


図 13 (d)

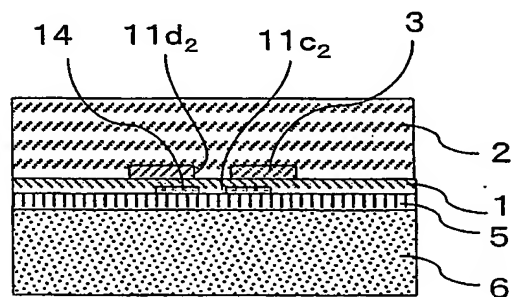


図 13 (e)

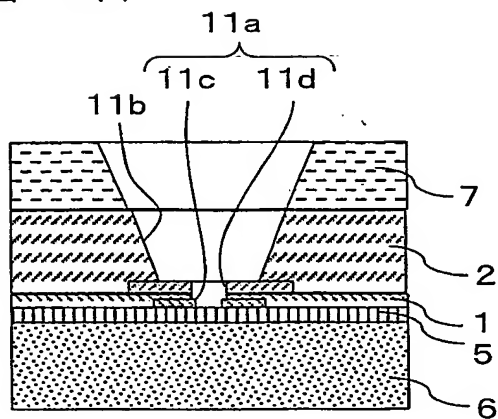


図 13 (f)

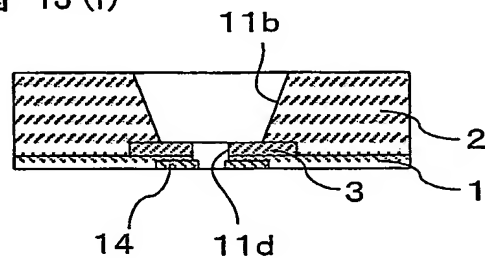


図 13 (g)

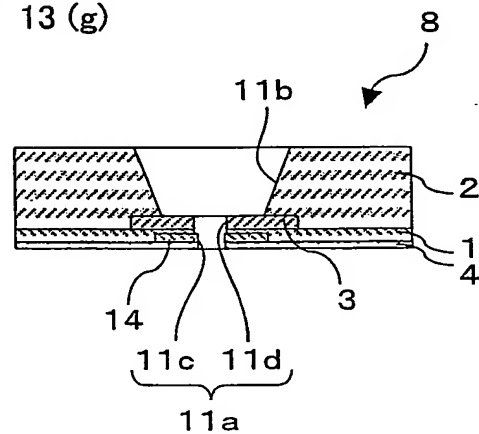
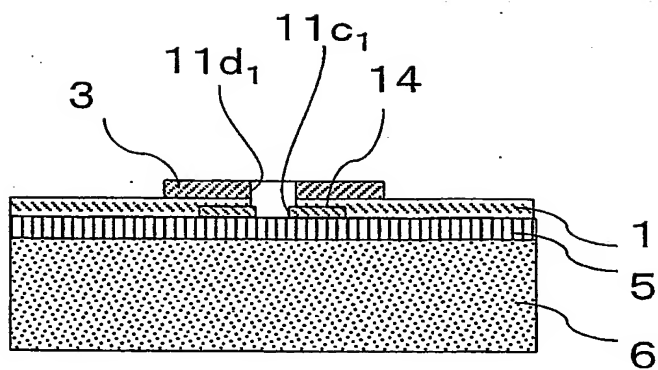


図 14



15/19

図 15(a)

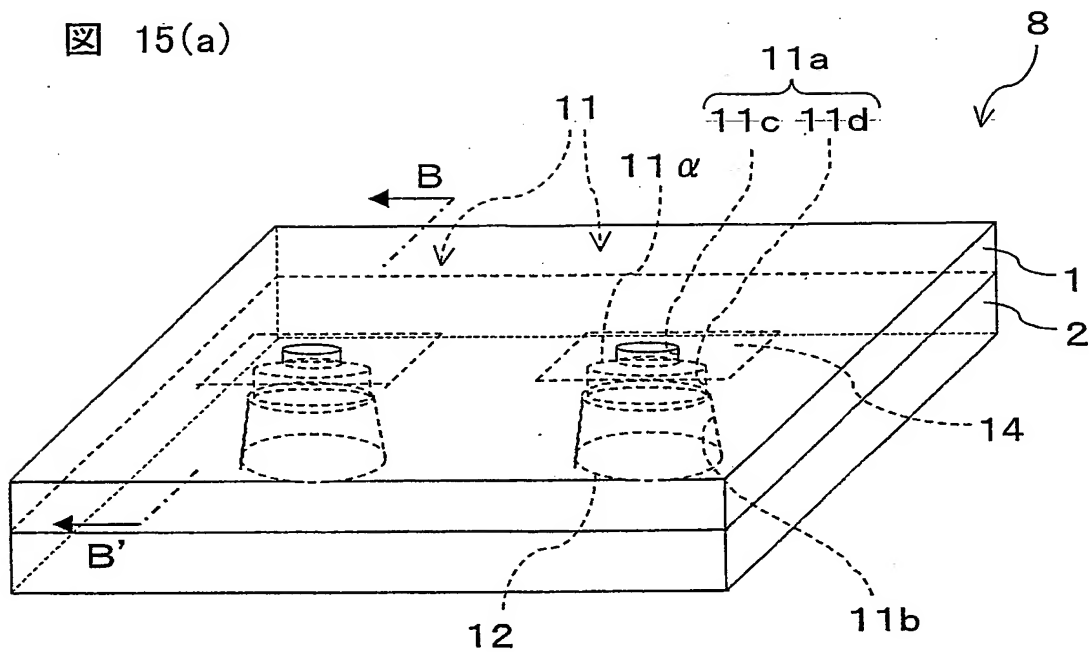


図 15(b)

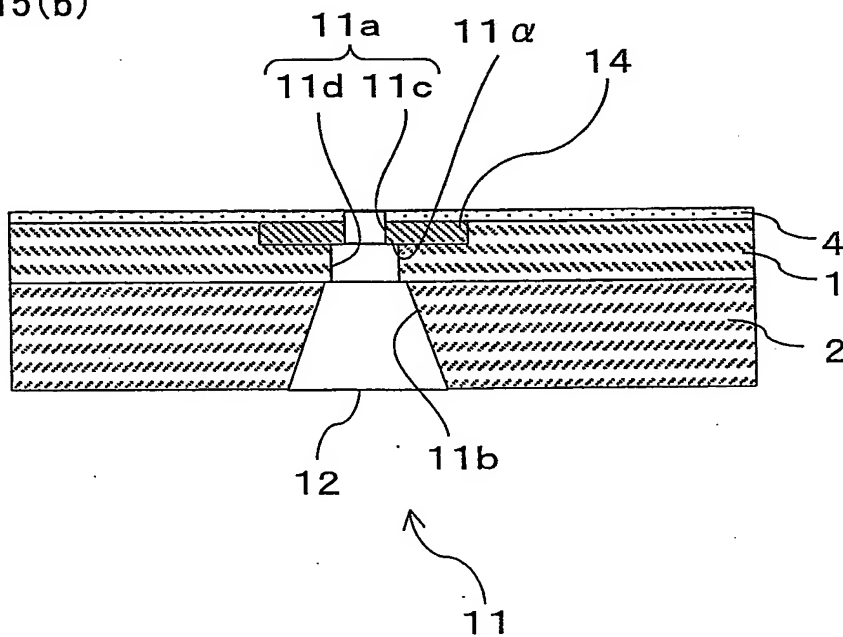




図 16 (a)

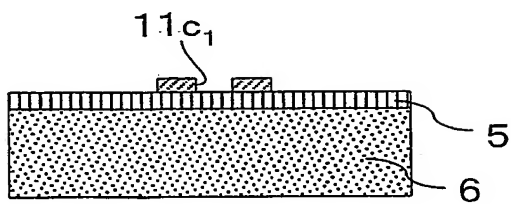


図 16 (b)

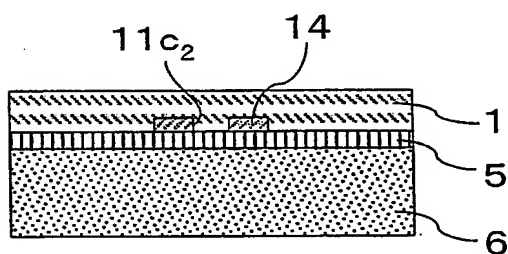


図 16 (c)

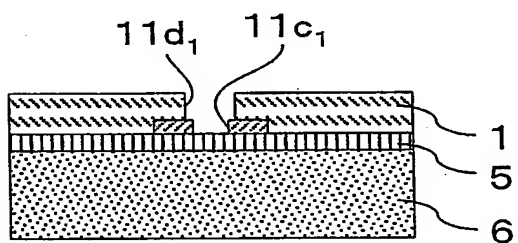


図 16 (d)

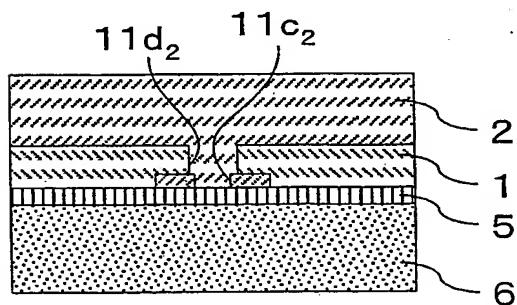


図 16 (e)

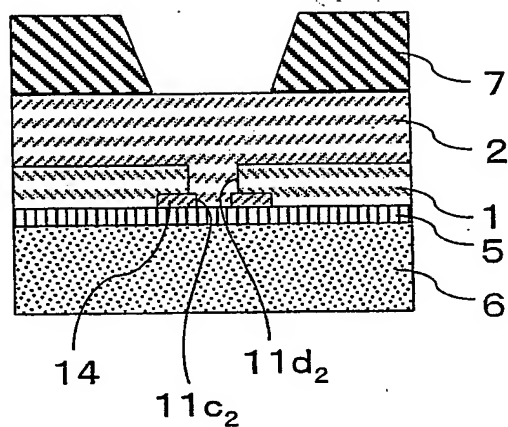


図 16 (f)

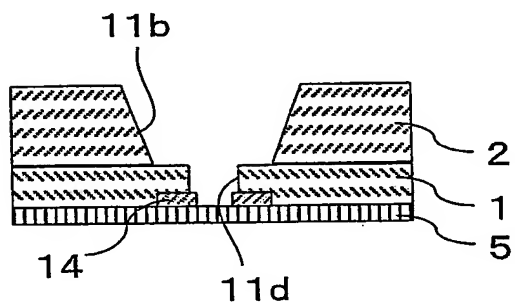
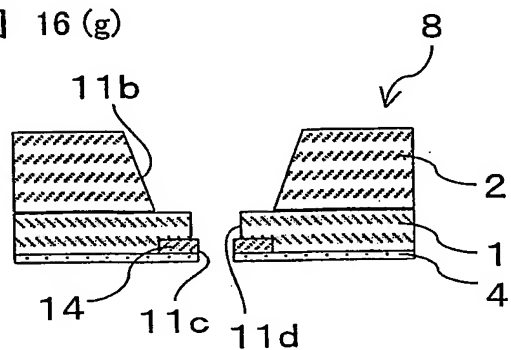


図 16 (g)



17/19

図 17(a)

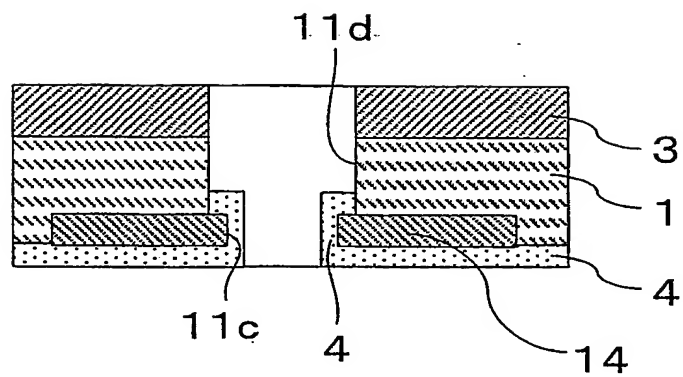


図 17(b)

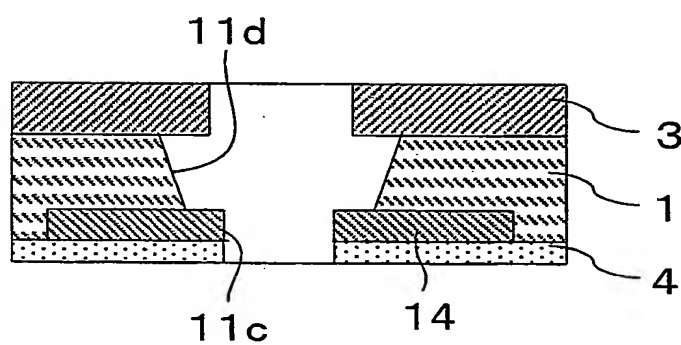


図 17(c)

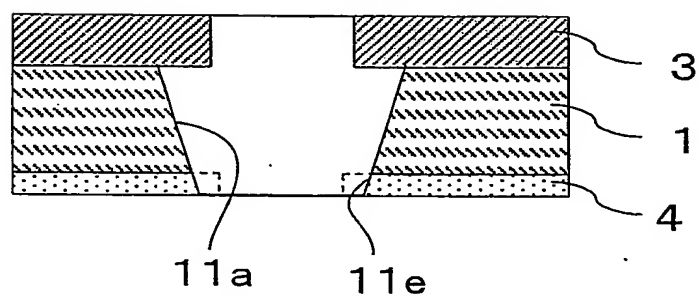


図 18

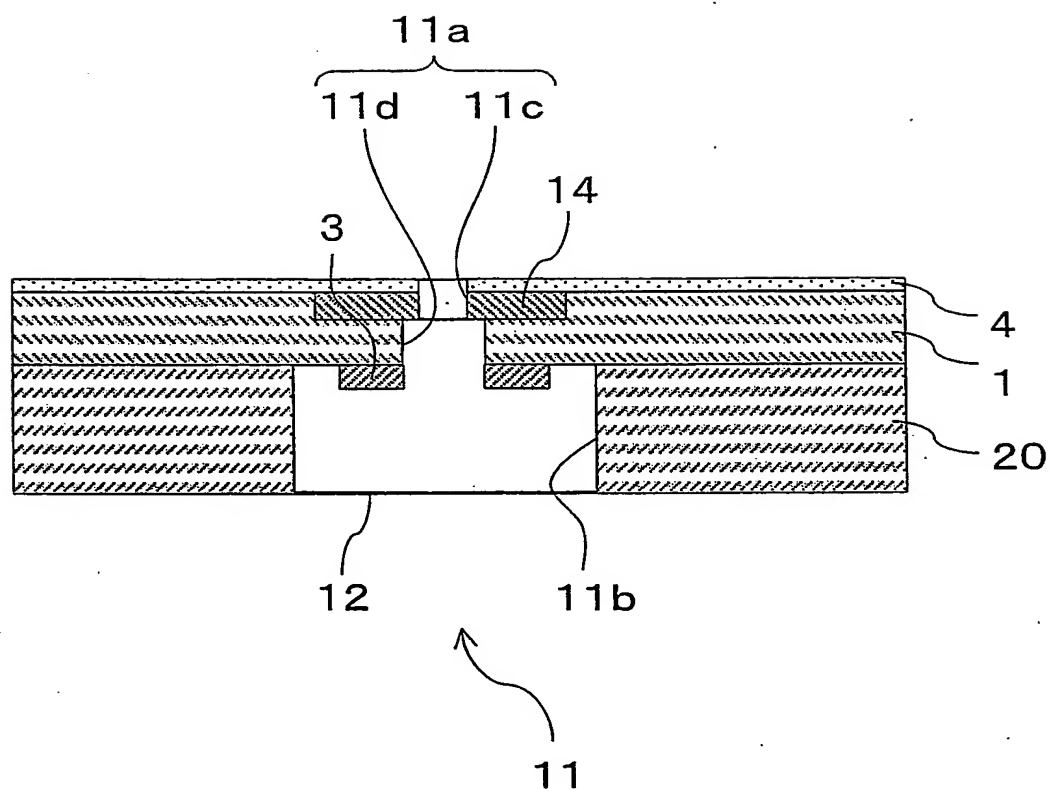


図 19 (a)

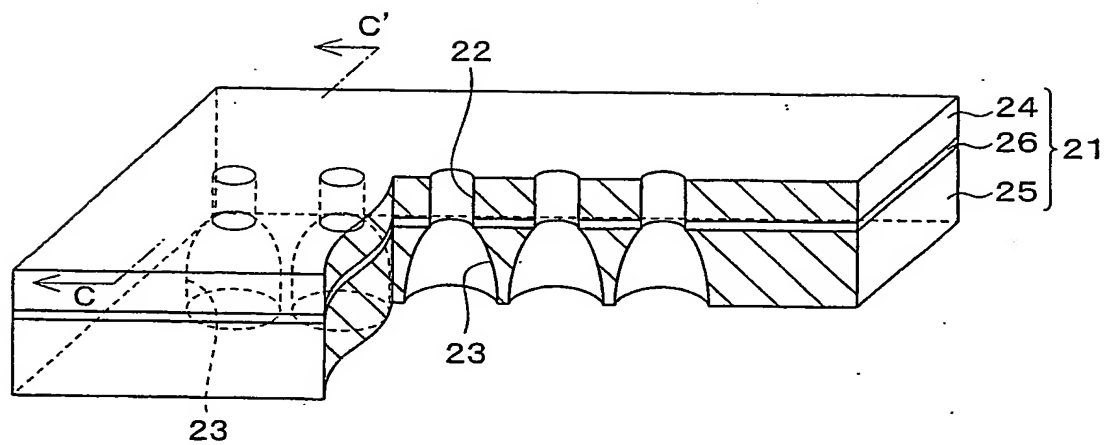
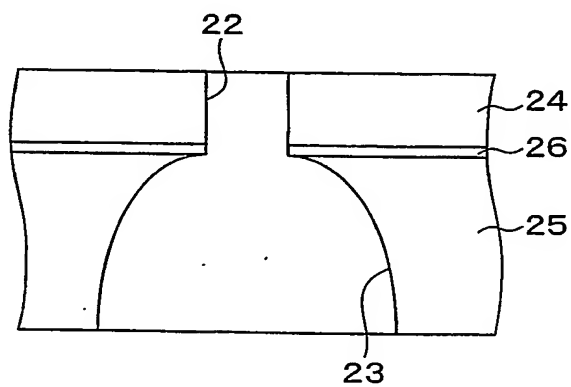


図 19 (b)



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006226

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> B41J2/135, B41J2/045, B41J2/055

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> B41J2/135, B41J2/045, B41J2/055

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 9-216368 A (Seiko Epson Corp.), 19 August, 1997 (19.08.97), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-8, 10, 13-17, 23, 24, 27, 28
Y	JP 2001-301177 A (Casio Computer Co., Ltd.), 30 October, 2001 (30.10.01), Par. Nos. [0040] to [0042], [0061]; Fig. 6 (Family: none)	1-7, 22-24, 27, 28
Y	JP 6-134994 A (Fujitsu Ltd.), 17 May, 1994 (17.05.94), Par. No. [0014]; Fig. 1 (Family: none)	7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
03 August, 2004 (03.08.04)Date of mailing of the international search report  
24 August, 2004 (24.08.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/006226

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-287369 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 16 October, 2001 (16.10.01), Par. Nos. [0008], [0009]; Fig. 6 & US 2001-28378 A1 & KR 1084239 A	8, 10, 13-15
X	JP 2003-94665 A (Ricoh Co., Ltd.), 03 April, 2003 (03.04.03), Full text; Fig. 1 (Family: none)	18, 20, 21 22-24, 27, 28
Y		

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl <sup>7</sup> B41J2/135 B41J2/045 B41J2/055			
B. 調査を行った分野			
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl <sup>7</sup> B41J2/135 B41J2/045 B41J2/055			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの			
日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
Y	JP 9-216368 A (セイコーエプソン株式会社) 1997. 08. 19, 全文, 図1-6 (ファミリーなし)	1-8, 10, 13-17, 23, 24, 27, 28	
Y	JP 2001-301177 A (カシオ計算機株式会社) 2001. 10. 30, 段落【0040】~【0042】, 【0061】, 【図6】 (ファミリーなし)	1-7, 22-24, 27, 28	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー		の日の後に公表された文献	
「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの		「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)		「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」 同一パテントファミリー文献	
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願			
国際調査を完了した日 03. 08. 2004		国際調査報告の発送日 24. 8. 2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 高松 大治	2P 9415
		電話番号 03-3581-1101 内線 3261	

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 6-134994 A (富士通株式会社) 1994. 05. 17, 段落【0014】, 【図1】 (ファミリーなし)	7
Y	JP 2001-287369 A (三星電子株式会社) 2001. 10. 16, 段落【0008】, 【0009】, 【図6】 &US 2001-28378 A1 &KR 1084239 A	8, 10, 13-15
X	JP 2003-94665 A (株式会社リコー) 2003. 04. 03, 全文, 【図1】 (ファミリーなし)	18, 20, 21
Y		22-24, 27, 28



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**